This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

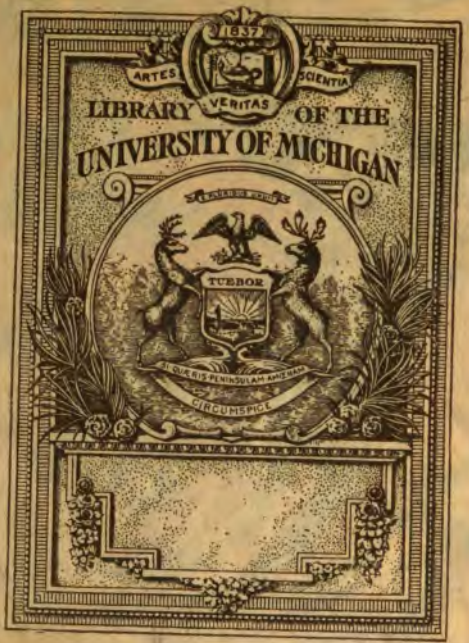
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

QC
19
.N78
1767

LECONS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE.

TOME SECOND.

LEÇONS
DE PHYSIQUE
EXPERIMENTALE.

Jean Antoine
Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, Maître de Physique des Enfans de France, Professeur Royal de Physique Expérimentale au Collége de Navarre, & à la nouvelle Ecole d'Artillerie de la Fere.*

TOME SECOND.

SIXIEME EDITION.

A PARIS,

Du Fonds de H. L. GUERIN & L. F. DELATOUR;

Chez DURAND, Néveu, Libraire, rue S. Jacques, à la Sageſſe.

M. DCC. LXVII.

Avec Approbation & Privilege du Roi.

16 Mars 22. EHV

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

V. LEÇON.

Sur le Mouvement composé, & sur les Forces centrales.

PREMIERE SECTION.

Du Mouvement composé.

ON appelle *Mouvement composé*, celui d'un corps déterminé à se mouvoir par plusieurs causes ou puissances qui agissent selon des directions différentes ; tel est, par exemple, le

V. Leçon.

393112

V. LEÇON

mouvement d'un bateau qui s'entretient dans la direction du canal *AB*, en obéiſſant en même-tems aux deux puiſſances *C*, *D*, *Figure* 1.

Comme le mouvement ſimple a ſes loix, le mouvement compoſé a auſſi les ſiennes; elles peuvent toutes ſe rapporter à une ſeule qui eſt énoncée dans la propoſition ſuivante, & dont elles ne ſont que des conſéquences.

Loi du Mouvement compoſé.

QUAND un corps eſt mis en mouvement par pluſieurs puiſſances qui agiſſent en même tems, & ſelon différentes directions ou il demeure en équilibre, ou bien il prend un mouvement qui ſuit le rapport des puiſſances entre elles pour la vîteſſe, & il reçoit une direction moyenne entre celles des puiſſances auſquelles il obéit.

Car lorſque deux puiſſances agiſſent en même tems ſur un mobile, ou elles ſont directement oppoſées comme *MA*, *ME*, *Fig.* 2, ou bien leurs directions font angle enſemble, comme *BN* & *FM*, *CM* & *GM*, &c. puiſque ſi elles ſe réuniſſoient, comme

on le voit en *N*, il eſt évident qu'elles concourroient dans la même direction, & qu'il n'en réſulteroit qu'un mouvement ſimple, dont la vîteſſe ſeroit le produit des deux forces; de ſorte que ſi l'une des deux étoit capable de tirer ou de pouſſer le corps *M* en *N*, les deux enſemble qu'on ſuppoſe égales; le feroient aller juſqu'en *K*.

V. LEÇON.

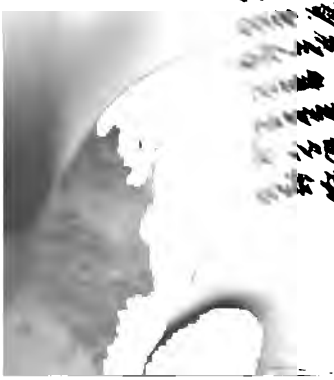
Les deux puiſſances étant oppoſées dans la même ligne, le mobile ſur lequel elles agiſſent, demeure en équilibre entre elles, en cas d'égalité; car il n'eſt pas poſſible qu'il aille en même tems à droite & à gauche; & pourquoi ſe porteroit-il d'un côté plutôt que de l'autre, s'il éprouve d'une part autant de réſiſtance qu'il ſouffre d'impulſion de l'autre part?

Mais ſi les puiſſances ſont inégales, le mobile obéit à la plus forte des deux, ſelon leur différence; c'eſt-à-dire, que ſi *E* eſt à *a* comme 3 eſt à 2, le corps *M* obéit à la premiere, comme ſi ſa valeur étoit 1, différence de 3 à 2. Ainſi les puiſſances étant directement contraires, il en réſulte ou le repos ou le mouvement ſimple, mais retardé.

…dirigées
…angle, ou
…ne) que leurs
…u mobile, com-
…mouvement ſe
…en direction, &
…ure par la diago-
…gramme, par les cô-
…uillances ſont expri-
…ons ceci en conſidé-
…nt dans la *Fig.* 3. les
…ces *C*, *G*, & le mobile

…ig. 3.

…us donc que le corps *M*
…en même tems par deux for-
…, que nous faiſons égales en
…nant par deux lignes de mê-
…gueur : que chacune de ces li-
…ſe en 6 eſpaces égaux
…par des chiffres & par
…Imaginons que *CM* eſt
…ſur laquelle ſe fait le mou-
…de haut-en bas, pendant que
…ſe meut parallélement à
…ſur la ligne *MG*. Il eſt
…que la régle mobile étant
…au chiffre 1. de la ligne *MG*,
…*M* ſera deſcendu d'une pa-
…, & qu'il ne ſera ni au



point 1, ni au point *a*, mais en *h*; de même, pendant que la régle parviendra au chiffre 2, le corps *M* descendra encore d'un eſpace, & ſe trouvera au point *k*. Ce qui continuant toujours de même pendant le mouvement paralléle de la régle ſur *M G*, on voit que le mobile *M* aura paſſé ſucceſſivement par tous les points de la ligne *M n*, diagonale du parallélogramme, *M G n C*, dont les deux côtés *G M*, *C M* expriment le rapport des puiſſances.

V. LEÇON.

La longueur de cette diagonale *M n* donne la vîteſſe du mouvement compoſé, qui, comme l'on voit, n'eſt jamais auſſi grande que la ſomme des deux vîteſſes qui la font naître; car *M n* n'égale pas *M G* & *M C* priſes enſemble. Et ſi ces deux forces concouroient à pouſſer le mobile dans une même direction, elles lui feroient faire plus de chemin qu'il n'en fait, lorſqu'elles le ſollicitent d'aller vers deux points différens. Mais en obéiſſant ainſi à l'une & à l'autre en même tems, il arrive par un chemin plus court au terme des deux tendances.

V. LEÇON.

Quand les puiſſances ſont dirigées de maniere qu'elles faſſent angle, ou (ce qui eſt la même choſe) que leurs directions ſe croiſent au mobile, comme *B b*, *F f*, alors le mouvement ſe compoſe en vîteſſe & en direction, & l'une & l'autre ſe meſure par la diagonale du parallélogramme, par les côtés duquel les puiſſances ſont exprimées. Expliquons ceci en conſidérant ſéparément dans la *Fig.* 3. les deux puiſſances *C*, *G*, & le mobile *M* de la *Fig.* 2.

Suppoſons donc que le corps *M* ſoit tiré en même tems par deux forces *C*, *G*, que nous faiſons égales en les exprimant par deux lignes de même longueur: que chacune de ces lignes ſoit diviſée en 6 eſpaces égaux & diſtingués par des chiffres & par des lettres. Imaginons que *C M* eſt une régle ſur laquelle ſe fait le mouvement de haut-en bas, pendant que cette régle ſe meut parallélement à elle-même ſur la ligne *M G*. Il eſt certain que la régle mobile étant parvenue au chiffre 1. de la ligne *M G*, le corps *M* ſera deſcendu d'une pareille quantité, & qu'il ne ſera ni au

point 1, ni au point *a*, mais en *h*; de même, pendant que la régle parviendra au chiffre 2, le corps *M* descendra encore d'un espace, & se trouvera au point *k*. Ce qui continuant toujours de même pendant le mouvement paralléle de la régle sur *M G*, on voit que le mobile *M* aura passé successivement par tous les points de la ligne *M n*, diagonale du parallélogramme, *M G n C*, dont les deux côtés *G M*, *C M* expriment le rapport des puissances. V. LEÇON.

La longueur de cette diagonale *M n* donne la vîtesse du mouvement composé, qui, comme l'on voit, n'est jamais aussi grande que la somme des deux vîtesses qui la font naître; car *M n* n'égale pas *M G* & *M C* prises ensemble. Et si ces deux forces concouroient à pousser le mobile dans une même direction, elles lui feroient faire plus de chemin qu'il n'en fait, lorsqu'elles le sollicitent d'aller vers deux points différens. Mais en obéissant ainsi à l'une & à l'autre en même tems, il arrive par un chemin plus court au terme des deux tendances.

V. LEÇON.

Cette même ligne devient plus courte, à mesure que les directions des puissances font entre elles un angle moins aigu ; car dans le cas où ces puissances agiroient suivant les lignes *H M*, *D M*, *Fig.* 2. la diagonale seroit *M I*, plus longue que ne seroit *L M*, ou *OM*, si leurs actions étoient exprimées par *GM*, *CM*, ou bien par *B M*, *FM*.

De toutes les positions que peuvent prendre entre elles deux forces qui agissent en même tems sur un mobile, il n'y en a qu'une qui rende leurs actions réciproquement indifférentes, c'est lorsque leurs directions font entre elles un angle droit, comme *C M*, *G M*, *Fig.* 3. Car celle qui agit horizontalement, tend à mener le mobile à la distance *G*, & il lui est indifférent que ce soit en *G*, ou en *n*, ou à tout autre point pris dans cette ligne. De même celle qui agit verticalement, demande que le mobile arrive à une distance égale à *M C*, & cette distance de haut-en-bas se trouve par-tout dans la ligne *C n*. Ainsi quand l'une & l'autre force agit en même tems, chacune d'elles

s'exerce sur le mobile, comme s'il étoit libre de la part de l'autre; elles ne s'aident ni ne se nuisent.

Mais il n'en est pas de même si l'angle que ces deux puissances font entre elles est obtus ou aigu : dans le premier cas elles se détruisent en partie, & dans l'autre elles s'entr'aident. Si par exemple, les deux forces font entre elles l'angle $R\,P\,Q$, *Fig. 5.* le mobile vient en S, & la puissance PR est diminuée de la quantité TQ, ou St; & au contraire si les puissances sont dirigées de maniere qu'elles fassent entre elles un angle semblable à VXY, *Fig. 6.* le mobile vient en u, & la puissance XV est augmentée d'une quantité égale à Zu, ou Yy.

La diagonale dont nous parlons, donne encore la direction du mouvement composé; car si l'on applique à tout autre parallélogramme le raisonnement que nous avons fait lorsque nous avons supposé les puissances égales entre elles, comme les deux côtés d'un quarré parfait, on verra que cette ligne ne demeure également distante de l'une & de l'autre puissance, que dans le cas d'égalité;

V. LEÇON.

& que quand les forces ſont inégales entre elles, la diagonale eſt plus inclinée à celle des deux qui eſt la plus grande, comme on peut le voir en jettant les yeux ſur la *Fig.* 4.

Il ſuit de ces principes, que ſi l'on ſçait l'angle de direction des puiſſances & leur dégré de force, on connoît auſſi l'effet qu'elles doivent produire ſur le mobile, c'eſt-à-dire, ſon dégré de vîteſſe, & le chemin qu'il doit tenir. Car on voit par les *Fig.* 3, 4, 5 & 6. que ſi l'on exprime la valeur des puiſſances, & leurs directions, par des lignes qui ſe joignent par un bout, en établiſſant un parallélogramme ſur ces deux premiers côtés, la diagonale donnera ce que l'on cherche.

Il ſuit encore, que ſi l'on connoît l'effet commun de deux puiſſances ſur un même mobile, & l'état de l'une des deux, je veux dire, ſa direction, & ſon dégré de force, on peut juger de la valeur & de la poſition de l'autre. Si je ſçais, par exemple, qu'un mobile a été porté de *P* en *S* *Fig.* 5. par l'action de deux forces dont une eſt exprimée par *PR*, je tire la ligne *S Q* parallèle & égale

à PR ; & en achevant le parallélogramme, je vois que PQ eſt l'autre puiſſance plus petite que la premiere, & faiſant avec elle l'angle de direction RPQ. V. Leçon.

Nous allons joindre les preuves d'expériences aux explications & aux raiſons que nous venons d'expoſer ; & pour procéder avec ordre, nous conſidérerons d'abord les effets de deux puiſſances directement contraires, & nous verrons enſuite comment ſe compoſe le mouvement produit par deux forces dont les directions ſe croiſent au centre du mobile.

Nous ſuppoſons encore que le rapport des forces demeure conſtant ; c'eſt-à-dire, que pendant tout le tems qu'elles agiſſent ſur le mobile, il n'arrive à l'une des deux aucun changement qui la faſſe plus ou moins différer de l'autre, en ſorte que ſi elles ſont égales en commençant, cette égalité perſévère juſqu'à la fin ; ce qui peut fort bien ſubſiſter avec des affoibliſſemens cauſés par la réſiſtance des milieux, ou par des frottemens, pourvû que ces changemens ſoient égaux de part & d'autre.

V. LEÇON.

PREMIERE EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

La *Fig.* 7. repréſente une table ronde, ou un guéridon, qui porte en ſa circonférence des poulies de renvoi, comme *A*, *B*; on fait paſſer ſur ces poulies deux cordes *CAE*, *CBD*, qui tiennent d'une part au mobile *C*, & qui ſoutiennent de l'autre part un poids de plomb *D*, *E*.

EFFETS.

Si les deux poids ſont égaux, le corps *C* demeure en équilibre, partout où il ſe trouve dans la ligne *AB*; ſi le poids *E* péſe 2 onces, & que *D* n'en péſe qu'une, le corps *C* eſt emporté vers *A*, comme ſi *E* peſoit 1 once, & qu'il n'y eût aucune réſiſtance en *D*: ce qui ſe reconnoît en expoſant ſous ſa chûte une cuvette remplie de terre molle, dans laquelle il fait un enfoncement qu'on peut meſurer & comparer.

EXPLICATIONS.

On appelle *équilibre* en général, l'é-

Fig. 2.

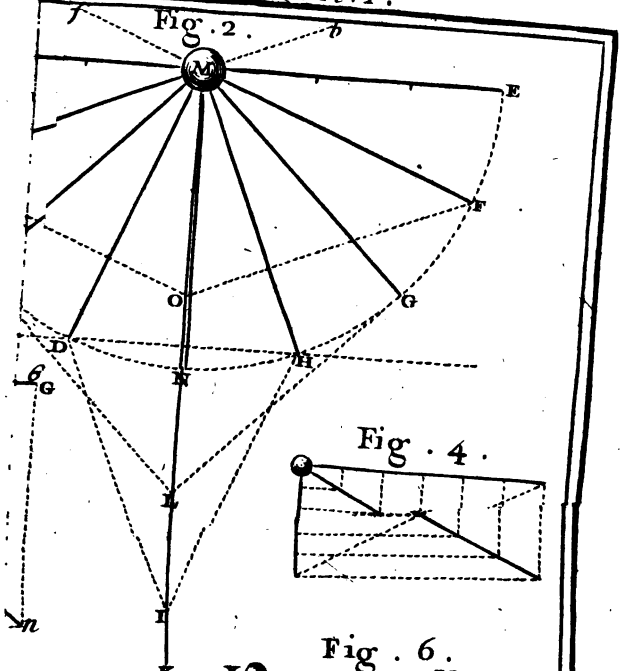


Fig. 4.

Fig. 6.

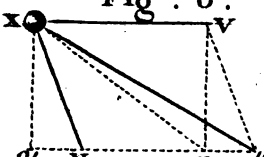


Fig. 1.

tat d'un corps qui eſt ſollicité de ſe mouvoir en deux ſens oppoſés avec des forces égales ; cette double tendance ne peut avoir ſon effet, à cauſe que les forces qui la produiſent de part & d'autre, ſont égales; c'eſt pourquoi autant que dure cette égalité, le mobile demeure en repos. C'eſt auſſi la raiſon pour laquelle le corps *C* de notre expérience demeure partout où il ſe trouve, dans la ligne qui joint les deux puiſſances, lorſque les poids *E* & *D* ſont égaux. V. LEÇON.

Mais ſi l'un des deux vient à s'augmenter, l'équilibre eſt rompu auſſi-tôt, & le mobile obéit au plus fort. Il ne lui obéit cependant que ſuivant l'excès qu'il a ſur le plus foible ; car la réſiſtance de celui-ci n'eſt point anéantie, elle ſubſiſte toujours, & ſon effet eſt de conſumer une force contraire & égale à la ſienne ; ainſi quand le mobile *C* eſt emporté par le poids *E*, ce ne peut être que par la quantité dont ce dernier ſurpaſſe l'autre.

APPLICATIONS.

Tous les corps qui ſont preſſés ou retenus entre une puiſſance & un

V. LEÇON.

point d'appui, ſont autant d'exemples qui repréſentent ce que nous venons de prouver par l'expérience précédente : car nous ſçavons par la troiſiéme loi du mouvement ſimple, que la réaction eſt égale à l'action ou à la compreſſion ; ainſi quand un Menuiſier ſerre un morceau de bois entre ſon établi & le valet, c'eſt le fixer entre deux puiſſances égales; on doit dire la même choſe d'un morceau de fer retenu dans l'étau d'un Serrurier ; d'une corde tendue entre deux points fixes ; d'un bateau attaché à un pieu pour réſiſter à la violence du courant, &c.

Deux poids égaux ſont en équilibre, & par conſéquent demeurent en repos aux deux bouts d'une corde qui embraſſe une poulie, tant que cette corde eſt égale de part & d'autre ; car alors chaque poids eſt autant tiré en en-haut par ſon antagoniſte, qu'il l'eſt en en-bas par ſa propre maſſe. Mais ſi la corde devient plus longue d'un côté que de l'autre, l'équilibre ne ſubſiſte plus ; la peſanteur de la quantité excédente eſt une nouvelle puiſſance qui aide à deſcendre

celui des deux poids qui eſt le plus bas. Et c'eſt une choſe à laquelle on doit faire attention, quand on conſtruit des machines pour tirer de l'eau, des pierres, des mines, &c. de ſouterrains très-profonds; ou pour élever des fardeaux à des hauteurs conſidérables; ſi l'on oublioit de faire entrer en compte le poids des cordes, on tomberoit ſouvent dans l'erreur; car ces cordes ſont ordinairement très-peſantes, & quand elles ſont étendues de toute leur longueur, elles ajoutent beaucoup à la réſiſtance qu'on s'eſt propoſé de vaincre; on s'en apperçoit ſenſiblement, quand on tire d'une grande profondeur un ſeau plein d'eau; on a plus d'effort à faire, quand il commence à monter, que lorſqu'il arrive en-haut.

II. EXPERIENCE.

PREPARATIONS.

La machine qui eſt repréſentée par la *Fig.* 8. eſt un plan vertical d'un pied en quarré, élevé ſur une baſe: en *H* eſt un point fixe, auquel eſt attaché un fil qui paſſe ſur une poulie *G*,

V. LEÇON.

& qui porte à son extrémité un plomb *F*. La poulie *G* est mobile sur deux fils de laiton tendus parallélement d'*H* en *I*, & on la tire avec un fil qui passe sur une autre poulie fixée en *I*.

EFFETS.

Lorsqu'on tire la poulie de *G* en *I*, le poids monte par la diagonale *FI*.

EXPLICATIONS.

Le corps *F* est mis en mouvement par deux puissances, dont une exige qu'il s'éléve d'une hauteur égale à *FG*; & l'autre, qu'il s'avance d'une longueur égale à *GI*. Car le point fixe qui arrête le bout du fil en *H*, & qui cause l'élévation du mobile *F*, doit être regardé comme une puissance égale à celle qui tire la poulie mobile vers le point *I*. Si ces deux forces avoient leurs effets séparément, le plomb parcourroit successivement les deux lignes *FG* & *GI*; mais parce qu'elles agissent en même tems & qu'elles sont égales entre elles, le mobile s'avance autant & à mesure qu'il monte, ce qui fait qu'il se meut dans la diagonale *FI*.

Cette expérience fait assez bien voir ce que nous avons donné comme une supposition dans la *Fig.* 3. Car le fil *FG*, qui tient le plomb suspendu, représente la régle mobile qu'on peut regarder comme divisée en 6 parties égales, & qui diminue de longueur, à mesure qu'elle s'avance sur chacune de ses paralléles marquées sur le plan: c'est la même chose que le corps *F* monte en s'avançant sur le fil, ou que ce fil, au bout duquel il est fixé, diminue de longueur; s'il diminue donc d'une partie, lorsqu'il sera parvenu à la premiere paralléle, le plomb sera en *a*: s'il diminue encore d'une partie en s'avançant à la seconde paralléle, le plomb se trouvera en *b*, & ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin le mobile ait parcouru toute la ligne *FI*. V. LEÇON.

APPLICATIONS.

Les vols qu'on imite à l'Opéra & dans les autres lieux de spectacles, s'exécutent par une méchanique assez semblable à celle que nous avons employée dans l'expérience que nous venons d'expliquer; on a soin seulement

V. LEÇON.

de proportionner les pieces aux efforts qu'elles doivent ſoutenir, & pour cacher le plus qu'il eſt poſſible les cordes aux yeux du Spectateur, on les fait avec des fils de laiton aſſez menus, & en aſſez grand nombre, pour concilier en même tems la force & la flexibilité.

L'uſage apprend à un Batelier, que ce n'eſt point par la ligne la plus courte qu'il faut diriger ſon bateau ſur la riviere pour arriver au point le moins éloigné du rivage oppoſé ; il ſçait que s'il tendoit de *P* en *R*, *Fig.* 1. il arriveroit en quelque endroit au-deſſous comme en *S* ; il ſe dirige vers *T*, & la force du courant le raméne peu-à-peu, en lui faiſant décrire une ligne courbe.

La raiſon de cet effet ſe préſente d'elle-même, quand on fait attention que le bateau pouſſé dans une direction qui n'eſt point celle du courant, compoſe ſon mouvement des deux forces dont il éprouve l'action : auſſi voit-on que quand l'une des deux augmente, il faut que l'autre croiſſe par proportion, ſi l'on veut conſerver le même effet. Si la crûe des eaux

eaux rend le courant plus rapide, il faut travailler davantage pour arriver au même but, ou bien il faut diriger le bateau plus haut, & ce dernier parti eſt celui que nous voyons prendre aux Bateliers établis ſur les ports pour le paſſage public. V. LEÇON.

Les poiſſons nous fourniſſent un exemple de mouvement compoſé, aſſez remarquable : lorſqu'ils veulent aller de côté ou d'autre, ils frappent l'eau d'un coup de queue ; le fluide ne cédant point auſſi vîte qu'il eſt frappé, ſert de point d'appui au corps du poiſſon pour ſe tourner à droite ou à gauche. Mais quand l'animal veut aller en avant, ce mouvement eſt toujours précédé de deux coups de queue ſubitement frappés, & en ſens contraires ; le corps alors prend un mouvement compoſé de ces deux impulſions, il ne va ni à droite, ni à gauche, mais dans une direction qui tient le milieu entre l'une & l'autre.

Cette maniere d'aller en avant par des mouvemens obliques, & oppoſés les uns aux autres, ſe peut obſerver encore dans la plûpart des reptiles, comme les ſerpens, couleuvres,

V. LEÇON.

vipères, &c. l'habitude qu'ont ces animaux d'employer ces deux mouvemens, & de les combiner enſemble, leur donne la facilité non-ſeulement de fuir avec une grande viteſſe, mais même de tromper ceux qui les pourſuivent par des détours fort adroits.

Les oiſeaux, & la plûpart des inſectes aîlés, compoſent auſſi leurs vols, quand il s'agit de tourner; c'eſt en battant d'une aîle, ou plus fortement, ou plus fréquemment que de l'autre: c'eſt une obſervation qu'on peut faire aiſément en regardant voler un papillon; l'irrégularité de ſes mouvemens eſt un effet & une preuve très-ſenſible de l'action inégale de ſes aîles.

L'art imite en quelque ſorte ce méchaniſme naturel avec lequel les animaux compoſent leurs mouvemens. Nous voyons tous les jours arriver ſur la Seine des bateaux de foin & autres, qui n'ont d'autres moteurs que le courant de la riviere, & un petit aviron court & un peu large, qu'un homme fait mouvoir continuellement de droite à gauche, & de gauche à droite,

à-peu-près comme la queue d'une carpe qui nâge en avant.

V. LEÇON.

Mais une imitation bien parfaite & bien curieuse de ces mouvemens composés c'est l'appareil & la manœuvre admirable d'une galère, où l'on voit le bon ordre & l'habitude employer avec une adresse inexprimable plusieurs rangs de rames pour varier les vîtesses & les directions du vaisseau selon le besoin.

III. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

ABCD, *Fig. 9.* est un petit billard, au bout duquel s'éléve perpendiculairement un chassis qui porte deux aîles tournantes *E F*; à chacune de ces aîles, est suspendu un marteau d'ivoire qui se meut librement autour du point *G*. On dirige les marteaux comme l'on veut, en tournant plus ou moins les aîles qui les portent, & l'on régle leurs vîtesses dans tel rapport que l'on souhaite, en les faisant tomber par des arcs plus ou moins grands, mais toujours en même tems sur une bille d'ivoire placée en *H*.

V. Leçon.

EFFETS.

Quand les marteaux ont des vîteſſes égales, & que les aîles ſont également inclinées à la ligne *H I*; la bille après le choc, ſuit cette derniere direction. Si les deux coups ſont inégaux, ou les directions différemment inclinées, la bille décrit une ligne qui s'écarte plus ou moins de *H I*, comme *H B*, ou *H K*, ſelon le rapport des forces qui l'ont déterminée à ſe mouvoir.

EXPLICATIONS.

Cette expérience doit s'expliquer de même que la précédente : un des marteaux qui agiroit ſeul chaſſeroit la bille dans ſa direction ; elle iroit donc vers *M* ou vers *N* ; mais quand ils agiſſent tous deux en même tems ; comme il n'eſt pas poſſible qu'un même mobile ſe porte à la fois vers deux points oppoſés, la bille ainſi frappée prend un mouvement qui participe des deux vîteſſes & des deux directions. Ce qu'on voit de plus par cet exemple, c'eſt que deux forces une fois imprimées par des cauſes qui

ceſſent d'agir enſuite, ont le même effet, & compoſent le mouvement du mobile, comme ſi leurs actions étoient continues ; car on a dû remarquer que deux coups de marteaux opèrent ſur la bille ; ce que les deux fils tirés en même tems ont fait ſur le plomb de la ſeconde expérience.

APPLICATIONS.

Ce que l'on jette par la portiére d'un carroſſe qui roule, ou ſur le rivage, quand on eſt dans un bateau emporté par le courant, ou bien de côté en courant à cheval, n'arrive jamais au but qu'on s'eſt propoſé, ſi l'on n'a égard qu'à la ſeule impulſion du bras. Car outre celle-ci, on doit encore compter ſur le mouvement de la voiture, du bateau, ou du cheval, qui eſt commun au mobile & à la main ; c'eſt pourquoi quand on ſaute hors d'un carroſſe ou d'un bateau en mouvement on doit s'attendre de tomber au-deſſous de l'endroit qu'on a vis-à-vis de ſoi à l'inſtant qu'on s'élance. Mais on ne doit pas croire que les accidens qui arrivent en pareil cas, viennent de ce que le mouve-

V. Leçon.

ment composé devenant plus oblique, ne porte pas le corps assez loin pour toucher terre, ou pour échapper à la roue ; car on peut voir par la *Fig. 3*, que si la ligne *MC*, représente le corps de la voiture, l'extrémité *n* de la diagonale en est aussi loin que le point *G;* mais le mal vient de ce qu'on ne prend point toute la vîtesse qu'on croit prendre, parce qu'on a pour point d'appui un plan qui n'est point fixe, & dont le mouvement occasionne souvent une chûte inopinée.

Une noyau pressé obliquement, & qui s'échappe des doigts, est encore un exemple bien familier du mouvement composé de deux impulsions dont les effets subsistent, & conservent leurs rapports, quoique les causes ayent cessé d'agir. Ce fait en rappelle un autre qui est moins commun, mais qui n'est guère ignoré des joueurs de billard. Si du tranchant de la main, on frappe une bille hors du plan de son équateur, qui est perpendiculaire au tapis sur lequel elle est posée ; elle s'échappe d'abord en avant, comme le noyau pressé obliquement de deux

côtés; mais ce qui paroît ſingulier c'eſt qu'après avoir ainſi avancé de 8 ou 10 pouces, elle revient en roulant vers le lieu de ſon départ. LEÇON.

Ce fait s'explique aiſément, quand on fait attention qu'en frappant la bille de la maniere qu'on l'a dit, on lui a fait prendre deux ſortes de mouvemens; ſçavoir, un en ligne droite, qu'elle a ſuivi d'abord, & un autre de rotation ſur elle-même, & dans un ſens contraire à ſon mouvement direct; comme il arrive à une poulie ſuſpendue dans une chape, ſi l'on en frappe le bord obliquement. Ce dernier mouvement ne s'apperçoit pas tant que la bille ne touche point le tapis, ou qu'elle gliſſe deſſus avec trop de vîteſſe: mais quand le mouvement direct eſt aſſez rallenti par les frottemens, & qu'elle vient à poſer ſur le tapis, le mouvement de rotation qui ſe fait en ſens contraire, la raméne vers le lieu d'où elle eſt partie; car il n'eſt pas poſſible qu'une boule tourne ſur un plan, ſans changer de place, ſi elle touche ce plan par l'équateur de ſa rotation, à moins qu'on ne ſuppoſât des ſurfaces ſans

V. LEÇON.

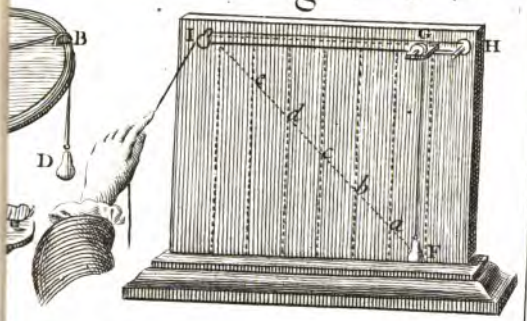
frottement, ce qui ne se trouve pas dans l'état naturel.

Jusqu'ici nous avons considéré le mouvement composé de plusieurs forces, qui gardent entre elles un rapport constant; nous allons maintenant examiner de quelle maniere le mouvement se compose, quand ces rapports changent. Quand, par exemple, de deux puissances qui agissent en même tems, l'une devient plus forte ou plus foible, ou bien, (ce qui revient au même,) quand un mobile ayant reçu deux impulsions qui composent son mouvement, il se trouve des causes étrangères ou accidentelles, qui diminuent, ou qui augmentent l'une des deux; comme si par exemple, le fil *F H*, *Fig.* 8. de la seconde expérience, au lieu de se raccourcir toujours d'une partie, à mesure qu'il arrive à chacune des paralléles, diminuoit d'abord d'une, ensuite d'une & demie, &c. ou au contraire.

On a pu remarquer par les preuves & par les exemples que nous avons rapportés, que le mouvement composé se fait toujours en ligne droite, toutes les fois que le mobile obéit

à

Fig. 8.



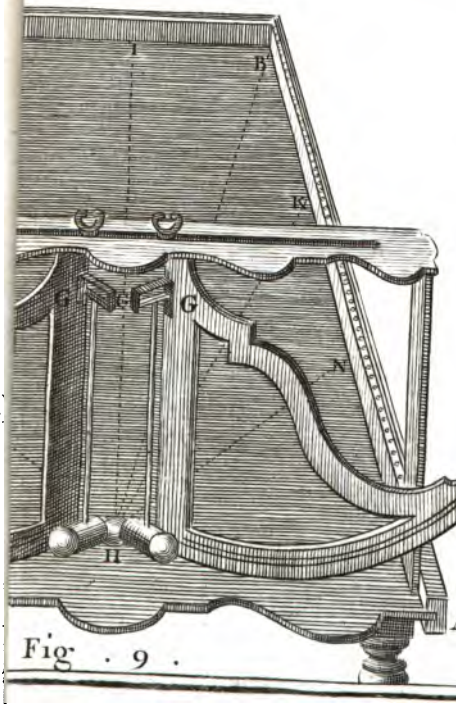


Fig. 9.

à deux puiſſances qui perſévèrent dans le même rapport entre elles ; ſoit qu'elles ne reçoivent aucun changement, ſoit que les changemens ſoient égaux ou proportionnels de part & d'autre; parce que les effets de chaque inſtant *Mh*, *hk*, *kl*, &c. *Fig.* 3. & 4 ſe rencontrent dans la même direction, & que leur ſomme produit la diagonale *M n*. Mais il n'en eſt pas de même, ſi le rapport des puiſſances change : le produit de chaque tems infiniment petit, eſt une ligne droite que le mobile décrit toujours en conſéquence de la loi établie ci-deſſus ; mais chacune de ces lignes a ſa direction particuliére, ſelon l'état actuel des puiſſances, comme on peut le voir par la *Figure* 10. Car ſi le mobile *M* eſt pouſſé horizontalement par une force dont l'action ſoit égale dans tous les inſtans, & qu'en même tems il obéiſſe à une impulſion de haut en bas qui augmente de plus en plus, comme les eſpaces *Ma*, *ab*, *bc*, &c. pendant le premier tems, le corps *M* parviendra en 1, à la fin du ſecond au point 2, enſuite au point 3, &c. Chacune de ces lignes, com-

V. LEÇON.

me on voit, est une petite diagonale ; mais de leur suite, il se forme une courbe qui varie comme le rapport des puissances : deux expériences rendront cette théorie sensible.

V. Leçon.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

La Machine représentée par la *Fig.* 11. est formée de deux plans élevés verticalement, dont l'un *ABC*, plus avancé que l'autre, est chantourné en portion de cercle par le haut, & laisse en cette partie une espece de gouttiére *AB* entre lui & l'autre plan qui est plus reculé. Ce dernier est divisé de *B* en *D* en trois parties égales, & de *B* en *C* en trois parties inégales qui vont en augmentant comme 1, 3, 5. Aux angles que forment entre elles les lignes de division, on a fixé des anneaux perpendiculairement au plan, & le tout est porté sur une base que l'on met de niveau par le moyen de trois vis.

EFFETS.

V. LEÇON.

On laisse tomber une balle d'ivoire par la gouttiére *AB*, & elle décrit la courbe *BEF*, en passant par les anneaux.

EXPLICATIONS.

Lorsque la balle est parvenue du point *A* au point *B*, par l'arc de cercle qu'elle a décrit, elle a acquis une certaine vîtesse avec laquelle elle s'échappe dans la direction *BD*; & en conséquence de la premiére loi du mouvement simple, elle suivroit cette ligne, si rien ne s'y opposoit. Mais cette balle est pesante, & la pesanteur, comme nous le verrons bientôt, est une force dont la direction est de haut en bas, & qui donne au mobile une vîtesse accélérée; c'est pourquoi lorsque la balle est parvenue au point *B*, & qu'elle cesse d'être soutenue par la gouttiére, elle se trouve soumise à deux puissances, l'une qui est sa vîtesse acquise en descendant du point *A*, l'autre qui est sa propre pesanteur. La premiére qui a sa direction vers *D*, est uniforme; la

V. LEÇON.

seconde qui est dirigée vers *C*, est accélérée ; ainsi les espaces que cette balle parcourt en descendant, n'étant ni égaux entre eux, ni dans un rapport constant avec ceux qu'elle parcourt en avant ; le changement de direction qu'elle éprouve à chaque instant, lui fait décrire la courbe *B E F*.

APPLICATIONS.

Des exemples sans nombre font voir que la pesanteur des corps change leur mouvement, quand ils ne sont pas dirigés comme elle ; c'est une force qui a son effet, comme toute autre l'auroit en pareil cas ; & quand on ne l'apperçoit pas, c'est que l'autre puissance qui agit en même tems sur le mobile, est beaucoup plus grande.

Une balle de calibre tirée à 70 pas, ne paroît pas avoir baissé : si l'on en juge par les apparences, on diroit qu'elle n'a suivi que la seule impulsion de la poudre, & que sa pesanteur n'est entrée pour rien dans son mouvement, puisqu'elle semble s'être entretenue dans la vraie direction du canon.

Mais il faut faire attention à deux choſes ; la premiére, c'eſt que la vi- V. LEÇON.
teſſe de la balle dans une telle diſtance eſt ſi grande, que ſa peſanteur ne la feroit deſcendre que d'une très-petite quantité, ſi on la laiſſoit librement tomber pendant un pareil tems : ainſi cette chûte ne doit pas être plus conſidérable, quand un autre mouvement tranſporte le mobile. La ſeconde, (& cette raiſon eſt la plus forte,) c'eſt que les canons des armes à feu ſont plus épais vers leur culaſſe, qu'à leur embouchure, de façon que la ligne de mire *G H*, & la vraie direction de la balle, ſe croiſent en chemin, comme on le peut voir par la *Fig.* 12. Ainſi quand on croit diriger la balle en *H*, on la dirige véritablement en *I*, & ſi l'on tire à une diſtance convenable, que l'impulſion de la poudre ſoit proportionnée au poids de la balle, & que l'angle formé par une ligne de mire, & la direction du canon intérieur, ſoit dans une bonne proportion; l'effet de la peſanteur fera baiſſer le coup de la quantité *I H*, & l'on touchera par un mouvement vraiment compoſé le but qu'on s'eſt pro-

V. LEÇON.

posé, n'ayant égard qu'au mouvement simple imprimé par la poudre enflammée.

Tous les fusils relévent donc le coup, & quand on s'en plaint, on ne doit l'entendre que de ceux qui le font trop ; car si le canon étoit partout d'une même épaisseur, le rayon visuel seroit paralléle à la direction de la balle ; le poids du plomb feroit de nécessité baisser le coup, & ce défaut de construction obligeroit le tireur d'avoir égard à l'effet de la pesanteur.

Tous les écoulemens d'eau qui ne se font point perpendiculairement à l'horizon, font encore voir des mouvemens composés en lignes courbes, par des forces dont les actions ne demeurent pas constamment en même rapport dans tous les instans. L'eau qui tombe d'une gouttiére, par exemple, part horizontalement avec une viteſſe qu'elle acquiert en descendant du toit, & cette viteſſe une fois acquise doit être considérée comme uniforme : mais en même tems cette eau tend à se mouvoir de haut en bas, avec une force qui croît dans tous les

instans; de cette double tendance il naît une courbe, qu'un écoulement successif représente aux yeux, & son extrémité où se termine la chûte, se porte d'autant plus loin en avant, que la vîtesse horizontale est plus grande, comme on peut le remarquer, lorsque l'écoulement est plus abondant; car alors la masse de l'eau étant plus considérable, elle est aussi moins retardée par les frottemens, ou par la résistance de l'air.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur deux cordes de boyaux fortement & parallélement tendues d'un bout à l'autre d'une chambre, on fait glisser la planche *LM*, *Fig.* 13. que l'on tire par le moyen d'une ficelle qui passe sur la poulie de renvoi *N*; au milieu de cette planche mobile est un bout de tuyau ou de canon, dans lequel est un petit cylindre de bois dur, & qui peut se mouvoir de bas en haut, sans sortir; dessous est un marteau poussé par un ressort qui se tend, quand on fait passer le manche

V. LEÇON.

du marteau par la mortaise *L*, où il est retenu par une petite clavette *O*. Cette derniere piéce tient à une ficelle de 2 ou 3 pieds de longueur qui est fixée, comme les deux cordes, à la muraille ; on met une balle d'ivoire & de calibre dans le petit canon, & l'on tire la planche le plus uniformément que l'on peut, & avec une vîtesse capable de lui faire parcourir environ 8 ou 10 pieds dans une seconde.

EFFETS.

Lorsque la planche a parcouru environ le tiers de son chemin, la clavette retenue par la ficelle à laquelle elle est attachée, détend le ressort qui pousse le marteau : alors le coup porté en dessous sur le petit cylindre, se communique à la balle d'ivoire ; elle est chassée du petit canon d'où elle s'éléve, & va retomber par une ligne courbe, sur la planche qui a continué de s'avancer, pendant que la balle étoit en l'air.

EXPLICATIONS.

Si la planche *ML* demeuroit en

repos, pendant que le marteau imprime ſon impulſion, il eſt évident que la balle s'éléveroit perpendiculairement par la ligne *P p*; il eſt inconteſtable auſſi, que ſi la balle n'avoit qu'un mouvement commun avec la planche, elle ne ſortiroit pas plus qu'elle de la direction horizontale; mais ſi elle part avec les deux mouvemens enſemble, la loi du mouvement compoſé exige qu'elle prenne une direction moyenne, & qu'elle s'éléve par une ligne oblique à l'horizon, comme *P Q* ou *P R*. Lorſqu'elle eſt une fois déterminée à ſe mouvoir dans une de ces lignes, elle continueroit toujours en conſéquence de la premiere loi du mouvement ſimple, ſi ſa peſanteur n'y mettoit obſtacle. Cette puiſſance, qui eſt comme réſidente en elle, & qui la ſollicite ſans ceſſe à deſcendre, l'éloigne de plus en plus de la direction qu'elle a; & comme les eſpaces qu'elle lui fait parcourir de haut en bas vont toujours en augmentant, (ce que nous expliquerons d'une maniére plus préciſe en parlant des loix de la peſanteur,) il arrive que dans le tems qu'elle auroit

V. LEÇON.

V. LEÇON.

mis à parcourir la ligne *PR*, elle parvient au point *S*, par la ligne *PTS*, & la planche qui n'a pas interrompu son mouvement, se trouve sous la balle à la fin de la chûte.

APPLICATIONS.

L'expérience qu'on vient d'expliquer, fournit des réponses aux questions suivantes.

1°. A quelle sorte de danger seroit exposé un mousse qui se laisseroit tomber du haut en bas de la hune, pendant que le vaisseau est à la voile? courroit-il le risque de se perdre dans la mer, ou bien sa chûte se feroit-elle sur le pont?

2°. Que deviendroit une orange qu'un Cavalier courant à toute bride, prendroit soin de jetter en l'air & perpendiculairement à l'horizon? la vîtesse du cheval la laisseroit-elle en arriére.

3°. En supposant que la terre tourne sur son axe en 24 heures, & qu'un canon ou un mortier placé sous l'équateur, eût un mouvement d'Occident en Orient qui égalât à-peu-près 250 toises par secondes, le boulet qui seroit tiré perpendiculairement,

suivroit-il cette direction, tant en montant qu'en descendant? V. LEÇON.

Il suit des explications précédentes que le mousse tomberoit au pied du mât, par une ligne qui paroîtroit verticale à ceux qui seroient sur le vaisseau; mais dont on appercevroit bien la courbure, si l'on étoit sur le rivage: car il est bien vrai que cette chûte seroit paralléle au mât qui est droit; mais les différens points du mât ausquels répondroit le mousse en tombant, seroient plus avancés les uns que les autres dans la direction horizontale, & leur suite se trouveroit dans une ligne courbe, parce que la chûte se fait avec une vîtesse accélérée; ce qui s'entendra aisément, si l'on prend pour le mât la ligne *Mf* de la *Fig.* 10. les espaces interceptés entre les lettres *M*, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, pour le chemin que parcourt le mousse en tems égaux pendant sa chûte, & la ligne *Mc* ou *f* 6, pour l'espace parcouru horizontalement par le vaisseau.

L'orange du Cavalier & le boulet de canon seroient préciſément dans le cas de la balle d'ivoire de notre

V. LEÇON.

derniére expérience, & feroient comme elle; ni l'un ni l'autre de ces deux mobiles ne tomberoit en arriére; & si des causes accidentelles n'y mettoient empêchement, l'une arriveroit dans la main du Cavalier, & l'autre dans l'embouchure du canon d'où il seroit parti: ce qu'il est aisé d'appercevoir, en appliquant à ces deux suppositions les raisons dont nous nous sommes servis pour expliquer le mouvement de la balle d'ivoire.

Quoique ces effets puissent se conclure en toute sûreté de la théorie, on ne doit guère les attendre dans la pratique; parce qu'à l'instant que le mobile part, son mouvement est réglé en conséquence des deux impulsions, telles qu'elles sont à l'instant du départ; mais il arrive très-ordinairement qu'avant sa chûte le plan mobile qui doit le recevoir, reçoit quelque changement, ou dans sa vîtesse, ou dans sa direction; ou bien le mobile rencontre des obstacles qui dérangent les rapports des impulsions dont son mouvement est composé: en pareils cas les à-peu-près

suffisent, & on les a presque toujours, ou s'ils manquent, les causes se présentent d'elles-mêmes.

II. SECTION.

Des Forces centrales.

TOUT ce que nous avons enseigné touchant le mouvement simple dans les Leçons précédentes, & ce que nous venons d'exposer dans celle-ci sur le mouvement composé, fait voir qu'il n'y a aucun mouvement qui soit naturellement dirigé en ligne courbe ; un corps une fois déterminé à se mouvoir, soit par une seule cause, soit par plusieurs ensemble, tend toujours à persévérer dans l'état où il est, & cet état consiste à passer avec une certaine vîtesse d'un terme à un autre, par la voie la plus courte qui est une ligne droite. Si l'on voit donc un mobile décrire une ligne courbe par son mouvement, il faut considérer le chemin qu'il fait comme une suite de mouvemens non interrompus, mais dont les directions

V. LEÇON.

particuliéres changent à tout inſtant, & forment entr'elles des angles fort obtus, de même qu'on a coutume de conſidérer un cercle, ou une ligne courbe, comme un aſſemblage de lignes droites infiniment courtes & inſenſiblement inclinées entr'elles; telle ſeroit la ligne 1, 2, 3, 4, 5, 6 de la *Fig.* 10. ſi les parties interceptées entre ces chiffres n'avoient point une longueur ſenſible.

Cette ſuite de mouvemens en lignes droites dont l'aſſemblage forme une courbe, ne peut donc point être l'effet d'une ſeule détermination; pluſieurs même ne ſuffiroient pas à moins qu'elles ne changeaſſent continuellement de rapport entr'elles, comme nous l'avons expliqué & prouvé dans la Section précédente.

Mais ces rapports peuvent changer, non-ſeulement quant à l'*intenſité*, c'eſt-à-dire, quant au dégré de force; mais ils peuvent varier auſſi quant à la direction des puiſſances, & c'eſt une autre vûe ſous laquelle il nous reſte à conſidérer le mouvement compoſé.

Suppoſons donc que le mobile *A*,

Fig. 14. ſoit ſollicité de ſe mouvoir par deux puiſſances qui ſoient entr'elles comme les deux lignes *AC* & *AB*, tant pour l'intenſité que pour les directions, c'eſt-à-dire, que leurs forces ſoient comme 1 à 3, & que leurs directions faſſent entre elles un angle droit au point *A*; il eſt certain que le mouvement compoſé commencera par *A d*, & qu'il continueroit juſqu'en *D*, ſi rien ne changeoit; mais ſi les deux puiſſances à la fin de ce premier tems ſe retrouvent diſpoſées entr'elles comme au commencement; ſi, par exemple, la tendance vers *D* reſtant telle qu'elle réſulte du mouvement compoſé, l'autre puiſſance ſe dirige vers *H*, le mouvement ſe compoſera de nouveau, & le mobile parviendra en *e*: & s'il arrive encore pareille choſe, que l'une des deux puiſſances ſe dirige en *I*, on verra le mobile arriver en *f*, & de-là en *g*, & enſuite en *h*, ſi le point *K* & le point *L* deviennent ſucceſſivement les termes de la puiſſance qui étoit d'abord *AC*.

V. Leçon.

Ce que nous venons de ſuppoſer, ſe trouve réellement dans le mouvement d'une fronde, ou de tout au-

V. LEÇON.

tre corps que l'on fait tourner au bout d'une corde ; car la main passant successivement par les points *C*, *H*, *I*, *K*, *L*, fait passer la corde par les lignes *A c*, *d H*, *e I*, &c. & comme on suppose que cette corde est toujours de même longueur, elle représente une puissance qui ne varie que par sa position. Si l'on considére comme infiniment petites les lignes *Ad*, *de*, *ef*, *fg*, &c. que le mobile parcourt, leur suite sera une courbe telle qu'on voit décrire à tous les corps qui se trouvent en pareil cas.

Tous les corps qui circulent comme la pierre d'une fronde, font donc un effort continuel pour ne plus circuler, puisque s'ils étoient libres, ils s'échapperoient par quelqu'une des petites lignes droites qu'ils commencent à chaque instant, comme *d D*, ou *e E*, que l'on nomme *tangentes*. C'est une conséquence de la premiére loi du mouvement que l'expérience confirme ; car si la corde se casse ou se lâche tout-à-fait, quand la fronde est en *d*, la pierre qu'elle porte ne continue pas son mouvement par les points *e*, *f*, *g*, &c. mais elle suit la

ligne

ligne *d D*; & toute l'habileté du frondeur consiste à bien estimer la tangente qui tend au but. V. LEÇON.

Mais tendre à s'échapper par la tangente, & faire effort pour s'éloigner du centre du mouvement circulaire, ce sont deux expressions qu'on peut regarder comme synonimes; car il est évident que si le mobile *A*, au lieu d'aller de *d* en *e*, & d'*e* en *f*, continuoit de *d* en *l*, & d'*l* en *m*, il s'écarteroit de plus en plus des points *I*, *K*: on peut donc dire en général que tous les corps qu'on fait mouvoir en ligne courbe, tendent à s'éloigner du centre de leur mouvement; & que quand cette tendance n'a pas son effet, c'est qu'ils sont retenus ou poussés vers ce centre, par une force contraire.

Ces deux forces qui produisent le mouvement circulaire ou en ligne courbe, & qui sollicitent continuellement le mobile, l'une à s'approcher, l'autre à s'éloigner du centre, se nomment *forces centrales*; & pour les distinguer l'une de l'autre, on appelle la premiere *force centripéte* & la derniére *force centrifuge*.

V. LEÇON.

Les forces centrales ſont directement oppoſées l'une à l'autre ; car quoique la force centrifuge ait ſa direction par la tangente, il faut faire attention que le rayon qui repréſente la force centripéte, s'il étoit prolongé, ſeroit coupé par cette tangente dans une ſuite de points qui vont toujours en s'écartant du centre : rendons ceci plus intelligible par une *Figure.*

Suppoſons, par exemple, que le mobile *M*, *Fig. 15*, ſoit porté par le rayon *BC*, ſur la longueur duquel il puiſſe gliſſer ; il eſt certain que ſi l'on fait tourner ce rayon autour du centre *C*, tous les points compris entre *M* & *B*, paſſeront ſucceſſivement avec le mobile ſur tous ceux de la tangente *MD* ; & par conſéquent le corps *M* en obéiſſant à la force centriſuge, gliſſera directement d'*M* en *B*. C'eſt par cette raiſon que la corde d'une fronde demeure tendue, pendant qu'on la fait tourner ; & que quand on fait circuler de même un gobelet plein d'eau, le fluide bien loin de ſe répandre, fait effort contre le fond du vaſe. Paſſons aux expérien-

Fig. 12.

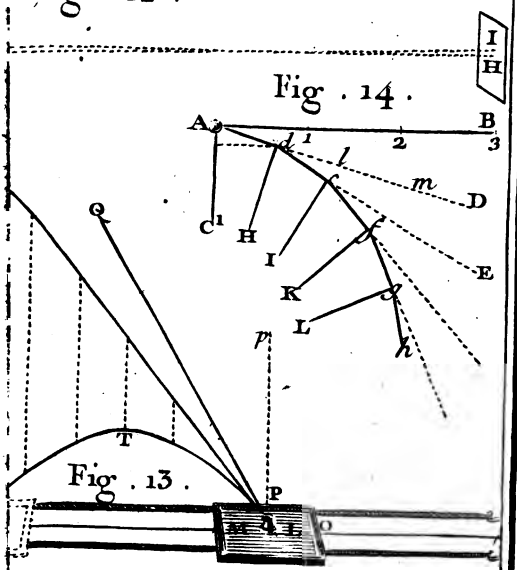


Fig. 10.

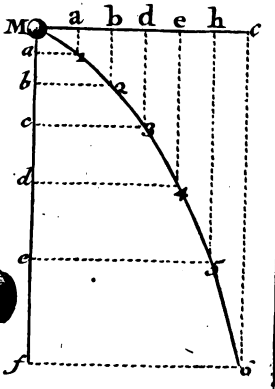
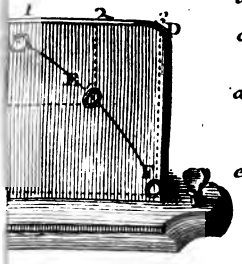


Fig. 11.



tes, & faisons voir d'abord que les forces centrales ont lieu dans toutes sortes de matiéres, fluides ou solides pourvû que leur mouvement se fasse en ligne courbe. V. Leçon.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 16. est une table triangulaire établie solidement sur trois pieds que l'on peut caller avec des vis. Vers le sommet du triangle on a élevé perpendiculairement un montant qui porte une roue verticale, que l'on fait tourner avec une manivelle ou autrement; cette roue par le moyen d'une corde & de deux petites poulies de renvoi méne deux grandes poulies horizontales *A B*, enarbrées de fer, & placées aux deux autres angles de la table: ces poulies ont plusieurs gorges dont les diamétres différent entre eux, & c'est sur le plan supérieur de ces poulies qu'on établit les différentes piéces qui servent aux expériences de cette espéce.

Pour celle dont il s'agit maintenant,

V. LEÇON.

on attache sur une des deux poulies *A* ou *B*, un support ou portant *CD*, comme il est représenté : un fil de fer tendu d'un bout à l'autre, enfile deux boules d'ivoire d'égale grosseur qui tiennent l'une à l'autre par une soie de 5 pouces de longueur, & qui peuvent glisser avec une grande facilité sur le fil de métal qui les porte. On place l'une des deux boules au milieu, & l'autre à la distance que la soie peut permettre.

EFFETS.

1°. Quand on fait tourner la grande roue, & qu'on imprime un mouvement circulaire au portant, la boule *E* décrit un cercle, & entraîne avec elle celle qui est au centre du mouvement.

2°. Si l'on coupe la soie qui lie les deux boules, & qu'on recommence l'expérience, la boule *F* demeure au centre, & l'autre s'échappe seule.

3°. Si dans une troisiéme épreuve, les boules étant liées comme dans la premiére, on les place à égale distance du centre de part & d'autre elles ne partent ni l'une ni l'autre, avec

quelque vîteſſe qu'on les faſſe tourner.

EXPLICATIONS. V. Leçon.

Lorſque le portant tourne horizontalement, le fil de fer qui eſt tendu d'un bout à l'autre, forme par ſa révolution un plan circulaire dont il eſt le diamétre, & tous les points compris dans ſa longueur, depuis le milieu juſqu'aux extrémités *C* & *D*, décrivent autant de cercles concentriques. La boule *E* par conſéquent ſe trouve dans un de ces cercles qu'elle décrit auſſi; ce mouvement lui donne une tendance à s'éloigner du centre de ſa rotation, par la tangente; & comme elle eſt portée par un rayon qui ſe meut lui-même avec elle, elle gliſſe ſur ſa longueur, comme nous l'avons expliqué par la *Fig.* 15. Ce qui la fait mouvoir ainſi, eſt une force réelle puiſqu'elle l'emporte ſur la réſiſtance, non ſeulement de ſa propre maſſe, qui par ſon inertie, demeure, autant qu'elle peut, à la diſtance où on l'a poſée, mais encore ſur celle d'une autre maſſe qui ne circule pas, & qu'une pareille tendance ne ſollicite point à ſortir de ſa place

V. LEÇON.

comme il paroît lorſqu'on coupe la ſoie ; car alors le centre de la boule *F* étant au centre même de la rotation, il ne peut y avoir de force centrifuge que dans ſes parties, qui tournent effectivement ; mais dans un corps ſphérique & homogène, tel que la boule de notre expérience, les parties correſpondantes ont des forces centrifuges égales, & directement contraires, en équilibre par conſéquent : elles ſont les unes aux autres comme les deux boules *E* & *F* liées enſemble par une ſoie, & poſées à égales diſtances du centre de leur mouvement : mais nous ſerons plus en état de faire entendre cet équilibre, quand nous aurons fait connoître comment on doit meſurer la force centrifuge.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au lieu du portant & des deux boules d'ivoire dont nous nous ſommes ſervis dans l'expérience précédente, on en place un autre qui porte au milieu de ſa longueur un petit

réſervoir plein d'eau, auquel communiquent deux tuyaux de verre inclinés *G*, *H*, & enflés en forme de boule par les deux autres extrémités, comme on le peut voir par la *Fig.* 16. V. LEÇON.

EFFETS.

En faiſant tourner ce portant & ce qu'il contient, l'eau s'éléve du réſervoir par les tuyaux, & remplit les deux boules qui ſont à leurs extrémités.

EXPLICATIONS.

Avant qu'on imprime le mouvement de rotation, l'eau ſe tient à niveau du réſervoir, dans la partie inférieure des tuyaux; parce que ces petites colonnes du fluide ſont équilibre par leur poids à celles qui répondent, dans le réſervoir, à l'orifice de ces tuyaux. Mais quand ces petites portions d'eau viennent à tourner avec une certaine vîteſſe, la force centrifuge, plus grande que leur peſanteur qui leur tient lieu de force centripéte, les porte vers la boule creuſe. A meſure qu'une partie monte, une autre lui ſuccéde pour faire

V. Leçon.

équilibre à l'eau du réservoir ; & successivement il s'en éléve une assez grande quantité pour remplir & le tube & la boule.

APPLICATIONS.

Ces deux premiéres expériences prouvent bien clairement ce que nous avons avancé d'abord, que tous les corps indistinctement, en quelque état qu'ils puissent être acquiérent une force centrifuge en tournant ; la liaison des parties, ou leur fluidité, ne change rien à cet effet ; cette espéce de force est comme la vitesse répartie à toutes les particules de matiere qui circulent, ou plutôt elle n'est autre chose que leur vitesse même considérée dans cette circonstance.

Les toupies & les pirouettes dont les enfans s'amusent, peuvent être citées ici comme des objets d'instruction ; en effet, ces exemples familiers nous font voir que la force centrifuge se met en équilibre avec elle-même, dans le corps dont l'axe ou le centre de gravité ne circulent point, comme nous l'avons enseigné ci-dessus, en mettant la boule d'ivoire

voire au centre de la rotation ; en pareil cas si le mobile n'a que le mouvement circulaire sans aucun balancement, quoiqu'il paroisse très-souvent en repos, on reconnoît aisément que ses parties tendent à s'écarter du centre, & qu'elles ne sont retenues que par leur adhérence naturelle ; car si l'on y fait tomber quelque fluide, bientôt il se dissipe, & abandonne la surface solide avec laquelle il tourne. Les roues des carrosses & des chaises de poste jettent la boue au loin ; & la meule du gagne-petit vuideroit l'auge dans laquelle elle plonge en partie, & feroit une aspersion continuelle & incommode, si l'on n'avoit soin d'arrêter l'eau qu'elle emporte de trop, par un morceau de cuir ou de chapeau, qu'on fait traîner sur sa surface. V. LEÇON.

Les soleils qu'on fait paroître dans les feux d'artifice, deviennent plus grands & plus beaux par leur mouvement de rotation ; car le salpêtre enflammé se répand par une infinité de tangentes, & forme un plan plus étendu qu'il ne pourroit être s'il brûloit sans tourner.

V. Leçon.

On peut mettre notre seconde expérience à profit, en appliquant à l'élévation des eaux, ou à leur évacuation, le principe dont elle est la preuve ; c'est un moyen que l'on a déja tenté avec succès, & je ne doute pas qu'en bien des occasions on n'en pût tirer de grands avantages. La fameuse pompe de Hesse qui fut annoncée aux Sçavans sous le nom de *Rotatilis Sector*, * que Papin devina, & qu'il employa depuis avec divers changemens, n'étoit autre chose au fond qu'un tambour ou cylindre creux plongé dans l'eau, & dans lequel on faisoit tourner des volans fixés à un axe ; ce mouvement faisant circuler l'eau, lui donnoit une force centrifuge qui la faisoit s'élever par un canal ou tuyau pratiqué à la circonférence du tambour. Plusieurs personnes ont encore construit des pompes, où la force centrifuge est appliquée d'une maniére ingénieuse. On en trouve quelques-unes dans Ramelli, & dans le Recueil des machines approuvées par l'Académie des Sciences *. On a fait aussi sur ce principe des soufflets de forges *, & des espéces de cribles, ou vans, pour nettoyer le

* *Actes de Leipsik. Juin. 1689.*

* *Tom. 6, p. 11. & seq.*

* *Ibid. tom. 9, page 41.*

bled ; la partie principale de ces machines eſt toujours un axe garni de volans qu'on fait tourner dans un tambour ; on imagine bien que s'il y a un trou, ou un tuyau ouvert, à la circonférence du tambour, & un autre à l'un des côtés, près du centre du mouvement, il doit ſe faire un écoulement d'air continuel par le premier ; car tandis que la force centrifuge cauſe une évacuation par la circonférence, le poids de l'air auquel rien ne s'oppoſe plus alors, doit remplir le tambour par le centre.

V. LEÇON.

M. Deſaguilliers profitant de ces deux déterminations qu'on peut faire prendre à des fluides par de ſemblables machines, en a fait conſtruire une*, avec laquelle il s'eſt propoſé de changer l'air de la chambre d'un malade, de renouveller auſſi celui des ſouterrains, ou des lieux qui deviennent infects par le grand nombre ou par le mauvais état des perſonnes qui les rempliſſent, comme les ſalles de ſpectacles, les réfectoires de communautés, les infirmeries, &c. Les expériences qui en ont été faites à Londres à la chambre des

* *Tranſ. Philoſophiques*, n. 437.

V. LEÇON.

Communes, ont fait voir que l'Auteur ne s'étoit point trompé dans ses vûes, & que cette invention offre des avantages réels.

Si l'on vouloit se servir des tuyaux inclinés, comme dans notre expérience, il est vrai qu'on y trouveroit le même inconvénient que dans la vis d'Archiméde. On ne pourroit guère les appliquer qu'à des élévations d'eau médiocres, parce qu'ils exigeroient une trop grande longueur; mais il y aura bien des cas où cet inconvénient n'en sera point un. On sçait que le succès des machines est redevable aux circonstances, & que celle qui n'est pas la meilleure à certains égards, doit être souvent préférée pour d'autres raisons qui l'emportent.

La force centrifuge est un moyen dont je me sers souvent pour rassembler la liqueur dans mes thermométres, quand des secousses ou quelqu'autre cause l'a séparée en plusieurs parties. Comme ce petit accident interrompt l'usage de l'instrument, & qu'il peut arriver à tous ceux qui en ont, je crois devoir dire ici le remé-

de que j'y apporte. Il eſt facile & fort ſimple. Il faut tenir le thermométre par le haut de ſa planche, & le tourner un peu vîte cinq ou ſix fois, de maniére que la boule ſe trouve dans la circonférence du cercle qu'on lui fait décrire, & ſon tube dans le rayon. La liqueur ſéparée acquiert une force centrifuge qui la réunit bien-tôt au reſte.

V. LEÇON.

On ſçait une partie des effets que produit un pareil mouvement ſur les animaux. Les jeunes gens ſe divertiſſent quelquefois à faire tourner des poules après leur avoir mis la tête ſous l'aîle, pour les endormir, diſent-ils ; & en effet on voit ſouvent ces animaux reſter immobiles à l'endroit où on les poſe après cet exercice ; mais il y a toute apparence que c'eſt moins l'effet d'un ſommeil, que celui d'un étourdiſſement cauſé par le trouble qui s'eſt mis dans leurs ſens, & qui les empêche, tant qu'il dure, de recevoir les impreſſions qui les déterminent dans leurs mouvemens ordinaires.

Je ſçais, à n'en point douter, qu'un animal peut mourir quand on l'ap-

V. LEÇON.

plique à cette épreuve. J'ai attaché par les pattes de derriére un fort lapereau, à une corde que j'ai fait tourner rapidement par deux hommes, environ 100 tours de ſuite, & lorſque l'on ceſſa il n'étoit pas mort, mais il ne put ſe ſoutenir ſur ſes pattes, & il expira quelque tems après. Un chat que l'on fit tourner de même, ne mourut point, mais il vomit beaucoup; & quoiqu'il n'eût reçu aucun coup, on apperçut à ſa gueule quelques goutes de ſang. L'économie animale ſe dérange ſans doute en pareil cas, parce que la force centrifuge détermine les fluides à ſe porter vers la tête, leur cours naturel eſt interrompu par ce mouvement étranger, & leurs fonctions ceſſent.

Le jeu de bague, celui de l'eſcarpoléte ſeroit dangereux par la même raiſon, ſi la poſition du corps ne prévenoit les accidens: ſi au lieu d'y être aſſis, ou dans une ſituation qui met les vaiſſeaux à peu-près paralléles à l'axe de la rotation, l'on y étoit couché de maniére que la longueur du corps fût perpendiculaire à ce même axe, je ne doute nulle-

ment qu'on n'en fût bien-tôt incommodé: peut-être aussi pourroit-on tenter ce moyen, pour rétablir le cours des humeurs dans des membres qui sont attaqués de paralysie. Un Sçavant m'a prévenu sur cette pensée; mais comme il ne fait pas son étude ordinaire d'anatomie, ni de médecine, non plus que moi, je crois que c'est aux gens de l'art à juger de ce qu'elle vaut, & de l'usage qu'on en peut faire.

V. Leçon.

LA force centrifuge n'étant autre chose que l'effort d'un corps qui tâche de continuer son mouvement, par la tangente de la courbe qu'on lui fait décrire; elle doit se mesurer comme le mouvement même, par la masse & par la vîtesse: ainsi de deux mobiles qui circulent avec des vîtesses égales, celui-là a plus de force centrifuge qui a le plus de matiére; de même aussi, quand les masses sont égales, cette même force ne peut différer que par le dégré de vîtesse.

Pour connoître le dégré de vîtesse d'un corps qui circule, il faut avoir égard à deux choses; 1°. à la gran-

IV. LEÇON.

deur de sa révolution ; 2°. au tems qu'il emploie pour la faire.

On appelle *révolution*, la courbe que décrit le mobile, à compter du point d'où il part, jusqu'à ce qu'il se rencontre sur ce même point, ou vis-à-vis, sur une ligne qui passe au centre. Tel est le cercle qui commence en *A*. *Fig.* 17. & qui finit au même point, ou la spirale *AED*, qui commence & finit sur la même ligne *DC*. *Fig.* 18.

Le tems qui s'écoule pendant que le mobile fait une révolution entière, s'appelle *tems périodique*. La vîtesse est d'autant plus grande, que le tems périodique est plus court, & la révolution plus ample ; ainsi le mobile *A* iroit avec plus de vîtesse que le mobile *D*, si chacun d'eux parcouroit en même tems le cercle dans la circonférence duquel il est ; ou bien, si tous deux ayant la même révolution à faire, comme *A*, *F*, le dernier faisoit son tour plutôt que l'autre. De même, que l'on mesure un cercle par son rayon, la révolution circulaire s'estime par la distance du mobile au centre ; par conséquent si la distance de *C* en *D* est une fois plus

petite, que de *C* en *A*, on doit conclure que la révolution du mobile *A* est une fois plus grande que celle de *D*.

En comparant les forces centrifuges de deux corps, nous avons donc trois choses à considérer, la masse, la distance au centre, & le tems périodique.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur l'une des deux poulies horizontales *A* ou *B*, de la machine qui est représentée par la *Fig.* 16. on établit un support, *Fig.* 19. sur lequel sont arrêtés quatre tubes de verre inclinés au plan, & qui se joignent au milieu. Dans chaque tuyau de la premiere paire, sont renfermées deux liqueurs dont les pesanteurs spécifiques sont différentes, sçavoir dans le premier, de l'eau commune & de l'huile de térébenthine colorée; & dans le second de l'huile de tartre avec de l'esprit-de-vin. Ceux de la seconde paire sont pleins d'eau avec une petite boule de cuivre dans l'un, & une de liége dans

V. LEÇON.

l'autre. Quand tout eſt en repos, les deux liqueurs les plus légères ſe tiennent dans la partie la plus élevée des tubes qui les renferment, & chacune des petites boules occupe auſſi la place qui convient à ſon poids: celle de métal demeure en bas, & celle de liége en haut dans ſon tube. Mais lorſque l'on met la machine en mouvement:

EFFETS.

L'eſprit-de-vin & l'huile de térébenthine cédent leur place à l'eau, & deſcendent dans la partie inférieure de leurs tubes; la boule de cuivre gagne le haut du ſien, & celle de liége, tout au contraire, ſe porte de haut-en-bas.

EXPLICATIONS.

Par le mouvement de rotation imprimé au ſupport, chaque portion des tubes, & ce qu'elle contient, décrit un cercle, & acquiert une force centrifuge; la premiere couche d'eau qui touche l'huile de térébenthine exerce donc contre cette liqueur, toute la tendance qu'elle a

pour s'éloigner du centre de son mouvement: cet effort seroit impuissant, si la force centrifuge de l'huile étoit égale à celle de l'eau; parce qu'étant soutenue par une colonne de même liqueur appuyée contre l'extrémité du tube, rien ne l'obligeroit à céder sa place: mais elle est moins pesante; & l'eau, en conséquence de son excès de masse, prévaut contre l'huile, & la précipite peu-à-peu; car ce qui se passe entre les deux premieres couches, arrive de même pour toutes les autres: ainsi l'huile & l'esprit-de-vin se déplacent, non par un effort positif de leur part, (car le mouvement circulaire donne aussi de la force centrifuge à ces deux liquides;) mais parce que cette force en eux n'égale point celle de l'eau; & comme la matiére est impénétrable, & que la place nécessaire pour contenir la colonne d'eau ne suffit pas pour comprendre avec elle celle de l'huile, le lieu le plus éloigné du centre est occupé par celle des deux liqueurs qui a le plus de force pour s'en emparer.

V. LEÇON.

On doit expliquer de même le dé-

V. LEÇON.

placement des deux boules; par-tout où elles se trouvent dans leurs tubes, chacune répond à un volume d'eau dont la masse est différente de la sienne, en plus ou en moins. Cette inégalité fait naître un excès de force centrifuge dans l'un des deux volumes qui se touchent; & de cette maniére la boule de liége plus foible que l'eau, est obligée de descendre; le cuivre au contraire prévaut, & s'éléve au-dessus de tous les petits volumes d'eau correspondans.

APPLICATIONS.

On voit donc par ces effets, que la force centrifuge augmente comme la masse des corps, quand les vîtesses sont égales, & que la force centripéte d'une matiére, peut être l'effet de la force centrifuge d'une autre, qui circule avec elle ou autour d'elle. Le Payſan qui vanne son bled, nous en offre un exemple qui a mérité l'attention des Philosophes: lorsqu'il veut rassembler la paille qui est mêlée avec le grain pour l'en purger, il imprime à toute la masse un mouvement circulaire, & aussi-tôt

on voit les parties les plus légères se porter au centre du mouvement, parce que les plus pesantes ont plus de force qu'elles pour aller à la circonférence. V. LEÇON.

On remarque aussi que tous les corps qui flottent sur une eau qui tourne, se rassemblent vers le centre de son mouvement ; c'est pourquoi l'on évite avec tant de soin tous les endroits de la mer & des grandes rivières, où l'eau laisse appercevoir un semblable mouvement ; car une triste expérience a fait connoître qu'on y périt le plus souvent.

Mais ce qui arrive par un excès de masse, se feroit de même par une plus grande vîtesse : un corps environné d'une matiére en circulation, quoiqu'il fût plus pesant que cette matiére, céderoit pourtant à sa force centrifuge, si elle tournoit beaucoup plus vîte que lui ; de maniére, par exemple, que le dégré de vîtesse dans l'une, l'emportât sur le plus de masse dans l'autre. Les tourbillons de vent qui enlévent la poussiére & le sable, nous en fournissent un exemple & une preuve ; car on peut ob-

V. LEÇON.

ſerver que ces corps beaucoup plus peſans que l'air dans lequel ils tournent, ſont en plus grande quantité au centre du tourbillon, quand il commence, & qu'ils n'ont point encore acquis toute la vîteſſe du fluide.

Deſcartes, en parlant de ce principe, avoit ingénieuſement imaginé qu'on pourroit expliquer méchaniquement cette force centripéte des corps, qu'on nomme *peſanteur*, en ſuppoſant autour de notre globe un tourbillon de matiére très-ſubtile, dont la vîteſſe ſeroit fort grande : car (diſoit-il) cette matiére, à cauſe de la rapidité de ſon mouvement, auroit beaucoup de force centrifuge ; & tous les autres corps qu'elle rencontreroit comme flottans en ayant beaucoup moins qu'elle, ſeroient obligés de lui céder dans tous les inſtans, juſqu'à ce qu'ils fuſſent arrivés à l'endroit le plus bas, c'eſt-à-dire, au centre du mouvement, ou qu'ils euſſent rencontré quelque obſtacle invincible qui les empêchât d'y aller.

Ce Philoſophe cherchant à appuyer ſon raiſonnement ſur quelques faits, pour donner plus de vraiſem-

blance à son hypothèse, indiqua une expérience fort curieuse, qu'on n'a pas lieu de croire qu'il ait jamais exécutée, mais qui l'a été depuis, & que nous allons rapporter.

IV. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

A, *Fig.* 22. est un globe de cryſtal plein d'eau, avec laquelle on a fait entrer un peu d'esprit de térébenthine coloré. Cette boule est soutenue aux poles par deux piliers ou poupées à pointes, entre lesquels elle peut tourner très-librement, lorsqu'on met en movement la grande roue verticale *B*, qui communique par une corde croisée avec la poulie *C*, fixée à l'un des poles; le plan qui porte les deux piliers ou supports du globe, peut s'élever & s'incliner plus ou moins par le moyen de deux charniéres *D*, *D*, & d'une vis *F*, qui sert à le fixer à la hauteur que l'on veut; le tout est porté sur une table à trois pieds, que l'on met de niveau par des vis.

V. LEÇON.

EFFETS.

1°. Quand on fait tourner le globe sur son axe placé horizontalement, l'esprit ou l'huile de térébenthine qui n'occuperoit qu'un petit segment du globe en sa partie supérieure, se divise en un grand nombre de petits globules qui flottent dans la masse d'eau renfermée avec eux, & qui peu à peu reçoivent comme elle un mouvement de rotation : on les voit ensuite se resserrer de plus en plus & former autour de l'axe de la rotation commune une enveloppe, ou plutôt un solide, dont la figure est ordinairement cylindrique.

2°. Dès que l'on cesse de faire tourner le globe de verre, le cylindre formé par les parties d'huile colorée, se dilate d'abord par les extrémités, & ensuite dans le reste de sa longueur, jusqu'à ce que le mouvement venant à cesser dans l'eau, toute l'huile se rassemble par sa légéreté, à la partie supérieure du globe où elle étoit avant l'expérience.

3°. Si l'on recommence le mouvement de rotation, & qu'on incline

l'axe

l'axe du globe lorſque les particules d'huile y ſont raſſemblées ; elles ſe portent peu à peu au pole le plus élevé, & s'y tiennent tant que dure cette inclinaiſon. V. LEÇON.

4°. Quand, au lieu d'huile colorée, on met dans l'eau une petite boule de cire ; elle eſt portée dans l'axe par le mouvement de rotation, & s'y comporte comme chacun des globules d'huile ; c'eſt-à-dire, que ſi cet axe eſt bien horizontal, elle ſe tient par-tout où elle ſe trouve dans ſa longueur, & que s'il eſt incliné, elle gagne le pole le plus élevé.

5°. Un globule d'air que l'on ſubſtitue à la boule de cire, fait voir la même choſe ; mais ſi lorſqu'il eſt à l'un des poles on arrête, ou qu'on rallentiſſe le mouvement du globe de verre, il arrive quelquefois que cette particule d'air ſe porte vers le centre de la ſphère.

6°. Si l'on met dans le globe une petite boule de cire, que l'on aura rendue un peu plus peſante que l'eau, en introduiſant au centre un petit grain de plomb, & qu'on la faſſe circuler lentement à quelques pouces de

V. Leçon. distance de l'axe ; en redoublant alors de vîteſſe, on voit cette petite maſſe, quoique plus peſante qu'un pareil volume d'eau, deſcendre dans l'axe, & y demeurer conſtamment, en tournant ſur elle-même ; & lorſqu'on incline l'axe de la rotation, au lieu de ſe porter au pole le plus élevé, comme la précédente, elle prend une route toute contraire. Cette expérience eſt délicate, elle demande un peu d'habitude dans celui qui la traite ; mais quand de dix fois qu'on la tente, elle ne réuſſiroit qu'une, c'en eſt aſſez pour prouver le principe ſur lequel ce fait eſt fondé.

EXPLICATIONS.

Pour bien entendre tous ces faits, il faut concevoir d'abord la maſſe d'eau renfermée dans le globe de verre, comme compoſée d'une infinité de couches fluides fort minces, les unes ſur les autres, & qui vont toujours en décroiſſant de diamétre juſqu'au centre.

Quand on met le globe de verre en mouvement, la ſurface ſolide entraîne par ſon frottement celle du

fluide qui la touche immédiatement ; & comme l'huile colorée en fait partie, elle eſt déplacée au premier tour. Son déplacement occaſionne ſa diviſion ; car étant portée plus bas qu'elle n'étoit, ſa légéreté exige qu'elle remonte ; elle rencontre l'eau en mouvement qui la ſépare, & chacune de ces parties preſſée également de toutes parts par le fluide qui l'environne, prend une figure globuleuſe. Le globe continuant de tourner, le mouvement ſe communique de couche en couche à toute la maſſe de l'eau, de maniére qu'elle ſe meut enſuite comme un ſolide ; je veux dire, que toutes les parties en tournant gardent entre elles des ſituations conſtantes. Ainſi comme tous les points de la ſurface du verre *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *Fig.* 23. à compter d'un pole à l'autre, déſignent des circonférences de cercles paralléles, de même on peut ſe repréſenter toutes les tranches d'eau qui leur répondent comme autant de plans circulaires qui tournent parallélement ſur le même axe *A B*. V. Leçon.

Maintenant ſi nous conſidérons

V. LEÇON.

nos petits globules d'huile disperſés dans l'eau, nous verrons que chacun d'eux eſt ſollicité à s'approcher du centre, non de la ſphère commune, mais du cercle particulier dans lequel il ſe trouve. Celui qui eſt en a, par exemple, & qui tourne dans ce parallèle, a bien, en conſéquence de ſon mouvement circulaire une force centrifuge, par laquelle il tend vers *F*, & avec laquelle il s'échapperoit certainement avec l'eau, ſi le globe étoit ouvert en cet endroit; mais il eſt renfermé, & il répond continuellement à un volume d'eau qui a plus de maſſe que lui, & qui, tournant avec une viteſſe preſqu'égale à la ſienne, lui diſpute la place la plus élevée, avec une force centrifuge prévalente; ce qui l'oblige de céder juſqu'au centre du mouvement où cette force eſt nulle. Chaque particule d'huile éprouve le même ſort dans la tranche d'eau où elle ſe rencontre; ainſi elles viennent toutes ſe ranger au centre de leurs révolutions particuliéres, comme les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. & cet effet ceſſe dès que la cauſe ne ſubſiſte plus;

c'eſt-à-dire, que l'huile remonte par ſa légéreté reſpective, quand l'eau perd ſa force centrifuge en ceſſant de tourner. V. LEÇON.

Tant que l'axe de la rotation eſt horizontal, & que le mouvement eſt uniforme dans toute la maſſe du fluide, les particules d'huile rangées dans l'axe conſervent conſtamment la forme d'un cylindre; & par quelle raiſon en affecteroient-elles une autre? La figure du verre l'exige-t-elle comme l'a penſé un Phyſicien de ces derniers tems? c'eſt un ſentiment qui eſt inſoutenable, non-ſeulement parce qu'il eſt pleinement démenti par l'expérience; mais encore parce qu'on ne trouve rien dans la théorie des forces centrales, ni dans les autres loix du mouvement, qui le favoriſe.

En effet, quand un corps plus léger que l'eau eſt pouſſé vers l'axe de la rotation commune à toute la maſſe; eſt-ce la partie du fluide qui eſt au-deſſus de lui qui le ſollicite à tomber? n'eſt-ce pas plutôt celle qui eſt au-deſſous, qui tend à le déplacer? quelle part ont donc à cet effet

la ſurface du vaiſſeau & ſa figure ? quelle qu'elle puiſſe être, quand le vaiſſeau eſt plein, je n'y vois qu'un point d'appui qui retient le fluide, mais qui ne change rien à la direction des parties inférieures.

V. LEÇON.

Mais ſi le raiſonnement laiſſoit quelque apparence de doute ſur cette queſtion, n'eſt-elle pas clairement décidée par l'expérience ? Si la concavité ſphérique du verre étoit capable de convertir par ſa réaction les forces centrifuges particuliéres de chaque cercle, en une force centripéte commune, comme on l'a prétendu; je demande pourquoi l'on ne voit aucun ſigne de cette converſion, lorſqu'on fait tourner avec l'eau des parcelles d'huile, ou toute autre matiére légère : pourquoi ces corps en venant à l'axe n'affectent-ils jamais de former enſemble une figure qui puiſſe faire croire qu'ils tendent à un même centre ? par quelle raiſon une boule de cire, une bulle d'air, &c. demeurent-elles indifféremment dans tous les points de l'axe où elles ſe rencontrent ?

Enfin pour achever de convaincre ceux qui auroient encore quelque

doute, changeons de vaisseaux, mettons notre fluide dans un hémisphère, dans un cône, dans un cylindre creux: si l'inclinaison des parois entre pour quelque chose dans les effets, nous verrons sans doute les corps légers se porter vers la base des deux premiers, & demeurer dans l'autre indifféremment où ils se trouveront: cette différence donneroit à la vérité quelque crédit à l'opinion que nous combattons, mais elle ne s'apperçoit nullement, & les personnes mêmes les plus intéressées à l'y trouver, sont convenues qu'on ne la voyoit pas, quand je leur ai répété ces expériences, avec tout le soin & toute l'attention possible.

Après un tel aveu, n'avois-je pas lieu de croire que mes preuves étoient victorieuses ? non, voici encore une objection à laquelle il faut répondre. On oppose expérience à expérience: une bulle d'air, dit-on, revient du pole vers le centre de la sphère; elle y est donc poussée par une force qui ne peut être que la force axifuge, convertie en centripéte par réaction.

Quand le mouvement est unifor-

V. LEÇON.

me dans le fluide, une boule de cire, une parcelle d'huile, &c. demeure dans tous les points de l'axe indifféremment & auſſi long-tems que dure l'uniformité du mouvement; ſi la bulle d'air quitte le pole pour aller vers le centre de la ſphère, c'eſt un tour de main qui n'en peut impoſer qu'à ceux qui ne l'apperçoivent pas, ou qui ſont trop prévenus pour leur opinion : en effet, cela n'arrive que quand on ralentit le mouvement du globe de verre, & en voici la raiſon.

Comme le mouvement ſe communique de la ſurface du verre à la maſſe de l'eau par le frottement, il ſe ralentit de même; mais ces frottemens ont d'autant plus d'effet, que les ſurfaces répondent à un plus petit volume d'eau : ainſi la partie du liquide qui eſt contenue ſous la ſurface ſolide *CH*, perd ſon mouvement bien plutôt que celle qui eſt ſous G ou ſous *F*; la viteſſe commence donc à diminuer par les poles; & les paralléles qui approchent le plus de l'équateur, conſervent la leur plus long-tems que les autres.

Quand la bulle d'air eſt dans l'axe, en

en quelque endroit que ce ſoit, elle y eſt retenue par la force centrifuge de l'eau ; mais cette force diminue comme le mouvement circulaire, plutôt au pôle qu'ailleurs ; la bulle d'air qui s'y trouve, ſort bien-tôt du lieu qu'elle occupe à cauſe de ſa grande légéreté ; l'inclinaiſon des parois du verre la conduit obliquement ; mais comme en s'avançant ainſi, elle ſe rencontre dans des paralléles plus voiſins de l'équateur, & dans leſquels le mouvement, & par conſéquent la force centrifuge s'eſt conſervée, elle eſt auſſi-tôt repouſſée vers l'axe, & plus près du centre qu'elle n'étoit avant ſon déplacement.

Sur quels fondemens pourroit-on penſer que cette bulle d'air en pareil cas, ait une détermination fixée préciſément au centre ? Il arrive à la vérité qu'elle y va quelquefois ; mais c'eſt l'effet de quelque accident, balancement ou ſecouſſes dans le fluide, défaut de poſition dans l'axe, &c. car le plus ſouvent elle ne va pas juſqu'à ce terme, ou bien elle paſſe outre.

Le mouvement du fluide plutôt

V. LEÇON.

rallenti aux pôles qu'ailleurs, eſt auſſi la véritable cauſe par laquelle l'huile rangée en cylindre autour de l'axe, ſe dilate par les extrémités, dès qu'on arrête le mouvement du verre.

Enfin, quand on incline l'axe de la rotation, les corps qui s'y trouvent ſe portent au pôle le plus élevé, ou à celui qui l'eſt le moins, ſelon qu'ils ſont plus légers ou plus peſans que le fluide. Ce qui prouve bien encore qu'ils n'éprouvent du centre aux pôles aucune force qui les ſollicite à reſter au centre, & qu'ils ſont retenus dans l'axe par la force centrifuge, à-peu-près comme ils ſeroient dans un tuyau, ſelon la longueur duquel il leur ſeroit libre de ſe mouvoir.

Il reſte à dire comment une boule de cire que l'on a rendue plus peſante que l'eau, peut être chaſſée au centre, & y être retenue par la même action qui y conduit un autre corps plus léger que le même fluide : la même cauſe produit-elle deux effets contraires ?

Si l'on voit aller au centre du mouvement commun un corps qui circule avec un fluide, c'eſt infailli-

blement qu'il a moins de force centrifuge que ce fluide ; mais cet excès de force dans celui-ci, peut venir ou de sa masse, ou de sa vîtesse. Dans le cas présent, c'est par la vîtesse que l'eau a cet avantage sur la boule de cire : lorsqu'on la tient à quelques pouces de distance de l'axe, on augmente tout-à-coup le mouvement de l'eau qui ne communique pas d'abord toute cette augmentation de vîtesse au petit corps solide ; l'excès de vîtesse qu'elle a sur lui pendant quelques instans, surpasse son excès de masse qui est très-peu considérable ; ainsi la force centrifuge du fluide devenue plus grande que celle de la petite boule flottante, par cet accroissement de vîtesse, chasse cette derniére jusques dans l'axe. Dès qu'elle y est, elle tourne sur elle-même, & ses parties prenant des forces centrifuges directement opposées entre elles, sa pesanteur ne peut agir que selon la direction d'un pôle à l'autre.

V. LEÇON.

APPLICATIONS.

On voit par ces résultats, que la pensée de Descartes sur la cause phy-

V. LEÇON.

sique de la pesanteur, est moins juste qu'ingénieuse; car s'il étoit vrai que les corps tombassent vers la terre, par la force centrifuge d'un tourbillon fluide, comme l'huile ou la boule de cire de notre expérience; leur tendance ne seroit pas toujours dirigée au centre du globe, comme les phénoménes les plus connus de la pesanteur nous l'apprennent; mais à différens points de l'axe, ce qui est évident par les expériences précédentes.

M. Hughens éclairé par la seule théorie, avoit apperçu cette difficulté bien avant que l'expérience l'eût rendue sensible. En trouvant l'hypothèse d'un seul tourbillon insoutenable, il imagina que le fluide, à la force centrifuge duquel on devoit attribuer la descente des corps graves, formoit un grand nombre de tourbillons, dont les révolutions se faisoient en toutes sortes de sens. Ce nouveau système n'a pas été beaucoup plus heureux que le premier: l'un est simple, mais son insuffisance est prouvée: l'autre pourroit peut-être satisfaire à l'explication des phénoménes; mais quel moyen d'admettre une matiere dnot

le mouvement se fait dans toutes sortes de directions, sans se détruire ? aura-t-elle prise sur les autres corps, sans l'avoir sur elle-même ? & si elle se heurte en sens contraire, comment son mouvement subsistera-t-il ?

Cette derniere opinion sur la cause de la pesanteur essuya beaucoup de contradictions, & donna lieu à des discussions fort curieuses ; mais quelque ingénieuses qu'ayant été les raisons qu'on a apportées en sa faveur, il faut convenir, qu'elles n'ont point été assez fortes, pour faire regarder cette question comme décidée puisque l'Académie des Sciences la proposa pour sujet du prix de l'année 1728.

Celui des mémoires envoyés qui fut couronné, ne suppose dans le tourbillon que deux mouvemens dont les directions se croisent à angles droits, c'est-à-dire, que l'un a pour axe un des diamétres de l'équateur, & que l'autre se fait sur les pôles de ce même cercle, comme l'eau de notre globe de verre.

M. Bulfinger qui est l'Auteur de cette nouvelle hypothèse, voulant,

V. LEÇON.

comme Deſcartes, rendre ſon idée ſenſible par quelque fait, a eu à-peu-près le même ſort; il a imaginé & indiqué un moyen, *Fig.* 24 pour faire tourner en même tems le globe de verre ſur deux axes qui ſe coupent à angles droits. Ce n'étoit point là l'eſſentiel: il falloit que la maſſe d'eau contenue dans ce globe, prît les deux mouvemens qu'on ſuppoſe dans le tourbillon; mais c'eſt ce qui n'arrive pas, & ce qui ne peut arriver; je ſuis ſûr du fait, pour avoir fait l'expérience avec ſoin, & pour l'avoir répétée pluſieurs fois devant des témoins bien clairvoyans. En appliquant une marque à la ſurface extérieure du globe de verre, on voit que ces deux rotations n'ont lieu que par rapport au globe ſeulement; mais que relativement à quelque point fixe pris au-dehors ou au-dedans de la ſphère, l'une des deux ſe réduit à une eſpéce de mouvement qui décrit un 8 de chiffre, & dont la révolution entiére par conſéquent ſe fait en deux ſens contraires, par rapport aux objets qui ſont dehors ou dedans le globe de verre:

d'où l'on voit que l'eau contenue dans ce vaiſſeau ne reçoit pas en même tems deux mouvemens de rotation, comme on le pourroit croire, & comme on l'a prétendu ; car le mouvement ſe communique du globe au fluide qu'il renferme, par le frottement de ſa ſurface intérieure ; mais quoique ce globe tourne ſur deux ſens, les différens points de ſa ſurface ne décrivent point des cercles qui ſe coupent à angles droits. On ne doit donc pas être ſurpris de ce que, lorſqu'on en vient au fait, les corps légers ne font voir qu'une tendance à l'axe, comme dans les expériences d'une ſeule rotation, & non pas une direction au centre de la ſphère, comme on l'avoit imaginé. Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'an 1741. page 184.

V. LEÇON.

Quoique les hypothèſes & les expériences que nous venons de rapporter, n'ayent point l'avantage d'expliquer d'une maniére bien ſatisfaiſante, pourquoi les corps ſublunaires tendent à ſe porter vers le centre de la terre ; nous ſçavons pourtant, à n'en pas douter, qu'une matiére fluide

V. LEÇON.

qui circule, peut précipiter, non-seulement des corps plus légers qu'elle, mais même ceux qui ont plus de masse. Si ce principe, qui est incontestable, n'a pas été jusqu'ici appliqué assez heureusement, pour résoudre pleinement la question, nous ne devons pas désespérer qu'il ne le puisse être un jour. Il me paroît plus raisonnable de croire que d'autres pourront faire ce que nous n'avons pas fait, que de regarder comme absolument impossible ce que nous avons tenté inutilement.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur les deux poulies horizontales de la machine représentée par la *Fig.* 16. il faut fixer les deux supports *A*, *B*. *Fig.* 20. & 21. les deux lettres précédentes désignent deux boîtes qui glissent fort librement sur deux fils de métal tendus parallélement d'un bout à l'autre du support, & dont on peut varier les poids, en mettant dedans des rondéles de plomb. *C*, *D*, sont encore deux boîtes qui glissent

verticalement entre deux fils paralléles de métal ſoutenus & tendus par deux potences d'acier : l'on peut auſſi varier leurs poids. Ces boîtes ſont jointes entre elles par des cordons & par des poulies de renvoi ; de maniére que *B* ne peut s'avancer vers le bout du ſupport, ſans enlever d'autant la boîte *D*. Sous chacune des deux premiéres boîtes il y a un petit reſſort très-foible, qui traîne ſur une crémaillére dont les dents ſont preſque à fleur du plan, & qui empêche la boîte de revenir en arriére, quand elle s'eſt avancée. Le ſupport depuis le milieu de ſa longueur juſqu'à ſon extrémité, de part & d'autre, eſt diviſé en pouces & en lignes, pour régler la grandeur de la révolution de chaque boëte *A*, ou *B*, par la longueur du rayon au bout duquel on l'a poſée.

EFFETS.

1°. Les deux boîtes, *A*, *B*, étant également peſantes, comme auſſi les deux autres *C*, *D* : ſi l'on place les deux premiéres à 4 pouces de diſtance du milieu de leurs ſupports,

V. LEÇON.

& qu'on faſſe tourner l'une & l'autre avec des vîteſſes égales, en mettant la corde dans les gorges des deux poulies horizontales, qui ſont égales entre elles; chacune des deux boîtes *A* & *B*, s'échappe en même tems vers l'extrémité de ſon ſupport, & enleve la boîte *C*, ou *D*, qui lui fait réſiſtance.

2°. Le même effet arrive, quand la boîte *A* péſe deux fois autant que l'autre, & que celle-ci eſt au bout d'un rayon une fois plus long. Si, par exemple, *A* peſant 4 onces eſt au chiffre 4, il faut placer *B* peſant 2 onces au chiffre 8.

3°. Mais ſi les poids reſtant égaux, l'on met l'une des deux boîtes à 4, & l'autre à 8 de diſtance, celle-ci part, & la premiére reſte en place, à moins qu'on n'augmente le mouvement.

4°. Enfin, tout étant diſpoſé comme dans le cas précédent, ſi l'on veut que les deux boîtes, *A*, & *B*, s'échappent en même tems, il faut doubler le contrepoids de celle qui eſt à une diſtance double du centre, & cela réuſſit.

EXPLICATIONS.

Nous avons dit ci-deſſus que l'eſtimation des forces centrifuges dépendoit de trois choſes ; de la maſſe du corps qui circule, de ſa diſtance au centre du mouvement, & du tems périodique de ſa révolution. Dans les expériences que nous venons de citer, les tems périodiques ſont égaux, parce que les deux poulies horizontales ſur leſquelles ſont établis les deux ſupports, & qui leur diſtribuent l'action du moteur commun, ſont toutes deux de même grandeur ; le milieu de chaque ſupport eſt toujours le centre de la révolution, & par conſéquent on en régle la grandeur par la diſtance que l'on met entre le centre & la poſition de la boîte : la maſſe du mobile eſt connue par le plomb dont on le charge ; & l'on peut connoître la quantité de la force centrifuge, par la valeur du poids *C*, ou *D*, qu'elle enléve, & qui doit être conſidéré comme une force centripéte.

Dans le premier cas, & dans le ſecond, les forces centrifuges paroiſ-

V. LEÇON.

sent égales dans les deux mobiles, puisqu'ils enlévent dans le même instant des résistances égales. Et elles le sont en effet : car d'abord la masse, la distance au centre, le tems périodique, tout est égal de part & d'autre : ensuite les masses à la vérité, & les distances au centre sont différentes ; mais comme elles sont en raison réciproque, l'une compense l'autre. Car nous avons dit & prouvé que la force centrifuge augmente autant par la vîtesse que par la masse : or ici la vîtesse dépend de la distance au centre, puisque les tems périodiques sont égaux ; ce sont deux mobiles, dont l'un décrit un cercle une fois plus grand que l'autre dans le même tems, n'est-ce point aller avec une vîtesse double ? Ainsi comme 2 de vîtesse & 1 de masse équivalent à 2 de masse & 1 de vîtesse, les forces centrifuges de nos deux mobiles sont égales, quand leurs distances au centre sont en raison réciproque de leurs poids.

Dans le troisiéme cas, la vîtesse est plus grande dans l'un des deux ; il décrit un plus grand cercle, dans le

tems que l'autre en parcourt un plus petit ; la force centrifuge doit donc être auſſi plus grande : & le quatriéme cas nous apprend que cet excès ſuit celui de la viteſſe, puiſque la force qui en réſulte, enléve une réſiſtance double.

APPLICATIONS.

Lorſque l'on a poſé l'une des deux boîtes *A*, ou *B*, de l'expérience précédente, à une certaine diſtance du centre ; ſi la dent de la crémaillére ne la retenoit en place, on conçoit aiſément que le poids *C*, ou *D*, l'entraîneroit par le rayon à l'extrémité duquel elle eſt. On voit auſſi que quand on la fait tourner avec aſſez de rapidité, ſa force centrifuge la fait aller dans un ſens contraire, & que les dents de la crémaillére n'ont rien à faire. Mais entre ces deux excès, il eſt un certain dégré de force centrifuge, qui feroit un juſte équilibre avec le poids *D* ; & s'il pouvoit ſubſiſter, il eſt hors de doute que le mobile continueroit ſes révolutions, ſans s'approcher, ni s'éloigner du centre.

C'eſt une choſe qui devient évi-

V. LEÇON.

dente, si l'on se rappelle le troisiéme cas de la premiére expérience. Deux boules d'ivoire, de poids égaux, liées par un fil, & placées à distances égales du centre de leur mouvement, se font réciproquement équilibre, & ne se déplacent point, avec quelque vîtesse qu'on les fasse tourner. Les masses étant égales, leurs forces centrifuges ne peuvent augmenter que par la vîtesse; mais tant qu'elles sont dans le même cercle, on ne peut augmenter celle de l'une, qu'on n'augmente en même tems & également celle de l'autre; ainsi leurs forces sont toujours égales & directement contraires. Dans quelque instant que l'on considére donc un de ces mobiles, il est en équilibre entre sa force centrifuge & celle de son antagoniste; & c'est par cette égalité de forces opposées, qu'il s'entretient constamment à la même distance du centre, ou, (ce qui est la même chose,) que ses révolutions sont toujours semblables entre elles.

Les corps célestes ont des mouvemens qui doivent s'expliquer selon ces principes. Si la Lune tourne autour de la terre, la terre elle-même

Fig. 19.

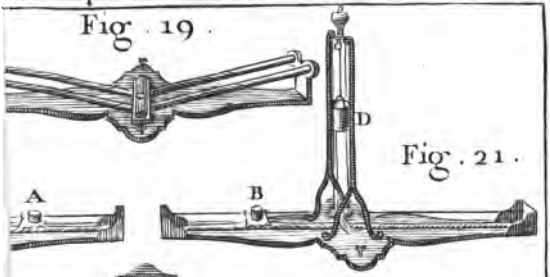


Fig. 21.

g. 16.

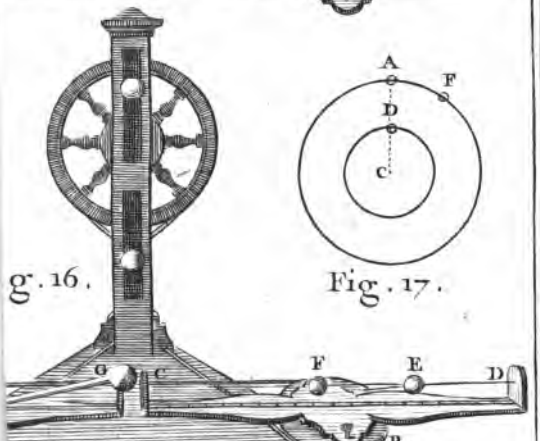


Fig. 17.

& les autres planétes autour du Soleil, en faiſant des révolutions ſi bien réglées, qu'un Aſtronome en connoît la durée & l'étendue avec une certaine préciſion ; c'eſt que tous ces aſtres ſont ſollicités en même tems par deux puiſſances : d'un côté la force centrifuge, qui réſulte de leur mouvement preſque circulaire, tend à les éloigner du centre de cette révolution ; du côté oppoſé, ils ſont retenus par une force centripéte, dont l'exiſtence eſt avouée de tous les Philoſophes, quoiqu'ils ſoient encore peu d'accord ſur la nature de cette force. Si l'une de ces deux forces ceſſoit d'agir, ces grands mobiles viendroient ſe précipiter au centre du monde ; ou bien ils iroient ſe perdre dans l'immenſité des cieux : mais n'ayons point de pareilles craintes, & ne nous arrêtons point à de vaines fictions. L'Etre qui a été aſſez ſage, pour arranger l'univers tel qu'il eſt, a pourvû à la durée de ſes œuvres, par des loix ſur l'infaillibilité deſquelles nous devons compter.

V. LEÇON.

Nous ne nous étendrons pas davantage ici ſur l'application que l'on

V. LEÇON.

peut faire des forces centrales aux mouvemens des corps céleſtes; parce que nous en traiterons à part dans la Leçon qui regarde le ſyſtême général du monde.

APRE's avoir fait connoître d'où naiſſent les forces centrales, & de quelle maniére on doit en faire l'eſtimation, je pourrois examiner les différens rapports qu'elles peuvent prendre entr'elles, & toutes les ſortes de courbes qui peuvent naître de ces changemens : mais ces queſtions ne peuvent guère ſe traiter comme il convient, ſans employer des démonſtrations géométriques, qui ne ſeroient point entendues par la plûpart de ceux pour qui j'écris. D'ailleurs ce ſeroit paſſer les bornes que je me ſuis preſcrites, dans des Leçons où je n'ai prétendu enſeigner que par voie d'expérience. Je paſſerai donc légérement ſur cet article, & je me contenterai de faire entrevoir méchaniquement les principaux effets qui doivent arriver, lorſque les forces centripétes & centrifuges ne perſévéreront point dans le même rapport

pendant

pendant une seule, ou pendant plusieurs révolutions de suite.

Pour prendre une idée des différentes formes que peut recevoir la courbe de révolutions par ces changemens, prenons un fil que nous replierons sur lui-même, & dont nous joindrons les deux bouts ensemble par un nœud. Qu'il soit retenu d'une part à une épingle fixée perpendiculairement à quelque plan, & de l'autre qu'on le tienne tendu avec le bout d'un crayon, comme on le voit en la *Fig.* 25. Le crayon sera le mobile; l'effort que l'on fera pour tenir le fil tendu, exprimera la force centrifuge; & la longueur du fil, ou plutôt la distance qu'il entretiendra de l'épingle au crayon, représentera la force centripéte.

Si l'on promène le crayon sur le plan autour de l'épingle, & que le fil le tienne toujours à une distance égale, il est évident que la ligne de sa révolution sera un cercle; puisque pendant tout le tems de son mouvement, il aura été au bout d'un rayon de même longueur; & l'on jugera avec raison qu'un mobile fait une

V. LEÇON.

révolution parfaitement circulaire, quand ſes forces centrales ne changent point, pendant qu'il ſe meut.

Mais ſi pendant qu'on proméne le crayon, on diminue la diſtance qui eſt entre l'un & l'autre, en faiſant prendre au fil la forme d'un triangle, comme *a d c*, *Fig.* 25. ou autrement, la ligne de révolution, au lieu d'être la circonférence d'un cercle, comme ci-devant, ſera toute autre courbe comme *b c*, dont la nature dépendra des proportions qu'on aura miſes entre les dégrés de raccourciſſement du fil & leurs durées. Cet effet fera comprendre qu'un mobile, dont les forces centrales varient entre elles pendant ſa révolution, décrit une courbe relative aux changemens de leurs rapports: & l'on en pourra tirer les conſéquences qui ſuivent.

1°. Que ſi les rapports qui auront été changés pendant la révolution, ſe rétabliſſent dans leur premier état, avant qu'elle ſoit entiérement finie, la courbe que décrira le mobile, telle qu'elle puiſſe être, rentrera ſur elle-même; & ſi les rapports des forces

Pl. 5.

Fig. 24.

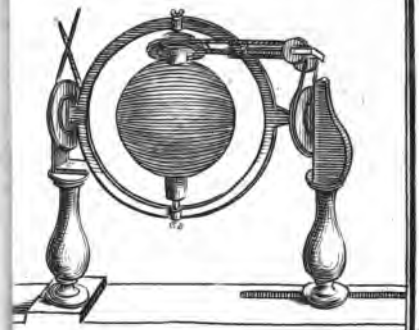
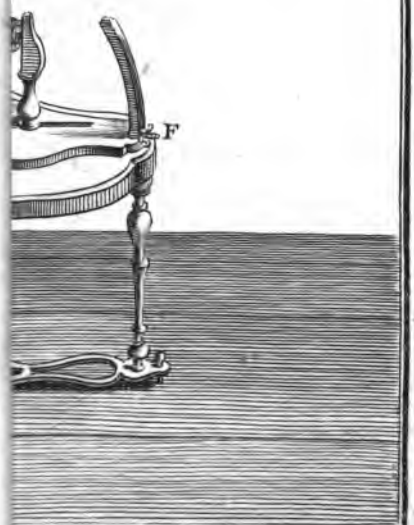


Fig. 22.



varient enſuite, comme ils ont varié d'abord, la ſeconde révolution ſera parfaitement ſemblable à la premiére, &c. V. LEÇON.

2°. Que ſi ces rapports ne ſe rétabliſſent point, & que la force centripéte, par exemple, ſoit plus foible au commencement de la ſeconde révolution, qu'elle n'étoit lorſqu'on a commencé la premiére, la courbe ne ſera point rentrante; le mobile, en s'éloignant du centre de ſon mouvement, décrira des ſpires plus ou moins réguliéres, ſelon le progrès de la force centrifuge, ou la diminution de la force centripéte.

Enfin pour donner un exemple des courbes réguliéres qui peuvent réſulter de la variation des forces centrales, au lieu de retenir le fil par un ſeul point fixe, attachons deux épingles, *F*, *f* *Fig.* 26, & faiſons toujours mouvoir le crayon de maniére que le fil ſoit auſſi tendu qu'il peut l'être; nous aurons par la révolution entiére une eſpéce d'ovale, que les Géométres appellent *ellipſe*. Le caractère principal de cette courbe eſt, que deux lignes tirées des points *F*, *f*, (qu'on nomme

V. LEÇON.

les foyers,) à tel point que ce puiſſe être de la circonférence, comme *FG*, *f G*, ou bien *FL*, *fL*, que ces deux lignes, dis-je, priſes enſemble, égalent la longueur du grand axe *H I*.

Un mobile décrit donc une ellipſe, lorſque par les variations des forces centrales, ſa diſtance à l'un des deux foyers *F*, ou *f*, diminue, & augmente réguliérement, comme les lignes *FH*, *FM*, *FG*, &c. & réciproquement, quand on lui voit décrire une pareille courbe, on peut légitimement conclure, que les forces centrales ſe mettent dans les rapports convenables, pour le mettre ſucceſſivement dans tous les dégrés de diſtance d'où elle procéde.

Ces différens mouvemens s'exécutent encore fort bien, avec la même machine que nous avons employée précédemment, & qui eſt repréſentée par la *Fig.* 16. en y joignant ce qui ſuit.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 27. repréſente une table

ronde, qui a environ deux pieds & demi de diamétre, ouverte au centre par un trou rond large de 3 pouces; cette table s'attache ſolidement & parallélement ſur celle de la machine, *Fig.* 16. mais de maniére qu'il reſte entre l'une & l'autre une diſtance d'environ un pouce, pour donner la liberté au mouvement de la poulie horizontale *A* ou *B*: au centre de cette poulie on fixe avec des vis une eſpéce d'alidade coudée, ſur la longueur de laquelle gliſſe très-librement une boîte *R*, qui péſe environ 2 onces, & ſous laquelle on a attaché un porte-crayon. En *S* eſt un barillet garni d'un reſſort, & qui tire à lui la boîte *R*, par le moyen d'un cordonnet de ſoie, qui tient d'une part au porte-crayon, & de l'autre à une fuſée qui tient au barillet, & ſur laquelle il fait pluſieurs tours.

V. Leçon.

Effets.

Lorſqu'on fait tourner la poulie horizontale, l'alidade ſe met en mouvement; & pendant qu'elle circule, la boîte gliſſe d'*r* en *R*, & le crayon marque ſur un carton qui couvre la

V. LEÇON.

table ronde, une ligne ſpirale qui commence en *r*, & qui finit en *R*.

EXPLICATIONS.

La boîte *R* mue circulairement reçoit une force centrifuge: dès que cette force vient à excéder la puiſſance du reſſort qui retient le mobile, celui-ci s'éloigne auſſi-tôt du centre de ſon mouvement. Il gliſſe en ligne droite ſur l'alidade; mais c'eſt une ligne droite qui ſe meut elle-même, & dont tous les points décrivent des cercles concentriques. Ainſi comme le mobile paſſe par tous les points de cette ligne, à la fin de chaque révolution il ſe trouve dans la circonférence d'un plus grand cercle que celui où il étoit, en la commençant, & de ce double mouvement naît la ſpirale qu'on trouve tracée ſur la table après l'expérience.

APPLICATIONS.

C'eſt par des lignes ſemblables à celle que nous venons de faire connoître, que viennent au centre du mouvement tous les corps qui circulent avec d'autres dont la force

centrifuge prévaut. L'huile colorée du globe rempli d'eau, la paille qu'on fait tourner avec le grain pour l'en ſéparer, les corps qui flottent ſur une eau qui tourne, &c. tous ces mobiles ne viennent point en ligne droite au centre commun, c'eſt toujours en circulant de maniére que la courbe qu'ils décrivent rentrant au-deſſous d'elle-même, diminue juſqu'à zero l'étendue de ſes révolutions; ce qui eſt la même choſe que d'aller au centre par une ligne ſpirale. V. LEÇON.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Les choſes demeurent diſpoſées comme dans l'expérience précédente, excepté ſeulement qu'au lieu du barillet à reſſort, on ne met qu'une petite poulie qui tourne horizontalement; & au point *T*, *Fig.* 28. une autre petite poulie, dont l'axe eſt auſſi vertical. Deſſous la boîte *V* eſt encore une poulie qui tourne ſur le porte-crayon; & un fil dont les bouts ſont liés enſemble comme celui de la *Fig.* 25. embraſſe les trois poulies.

EFFETS.

V. LEÇON.

Lorsqu'on met l'alidade en mouvement avec une vîteſſe ſuffiſante, le mobile *V* décrit exactement l'ellipſe *TVX*, dont les deux foyers ſont *T*, *Y*; & s'il fait pluſieurs révolutions, c'eſt toujours en repaſſant ſur la même ligne.

EXPLICATIONS.

La force centrifuge du mobile tient toujours le fil auſſi tendu qu'il peut l'être; mais à cauſe des deux points fixes *TY*, ſa diſtance au point *Y* diminue & augmente ſucceſſivement & réguliérement, comme celle du crayon au point *F* de la *Fig.* 25. c'eſt pourquoi ſa révolution ſe fait exactement dans une ligne ſemblable à celle de cette figure; & comme les circonſtances demeurent les mêmes, pendant les révolutions ſuivantes, le mobile continue auſſi de ſe mouvoir dans la même ellipſe.

APPLICATIONS.

La connoiſſance de l'ellipſe, & de ſes principales propriétés, eſt d'autant plus

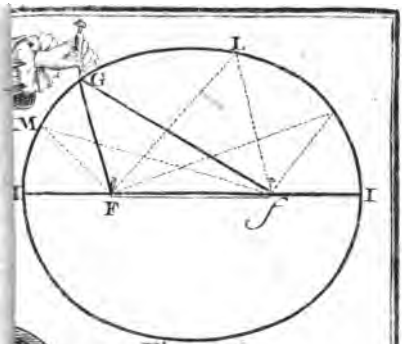


Fig. 26.

Fig. 27.

tant plus intéreſſante, que tous les corps céleſtes font leurs révolutions dans des courbes rentrantes de cette eſpéce; l'Aſtronomie plus éclairée maintenant qu'elle ne l'étoit dans des tems reculés, n'admet plus ces cercles excentriques, auſquels on étoit obligé d'avoir recours, pour expliquer certaines variations que l'on obſerve depuis long-tems dans les diſtances des aſtres; c'eſt un ſentiment preſque univerſellement reçu, que les *aphélies* & *périhélies* des planétes primitives, que les *apogée* & *périgée* de la Lune, ſont des ſuites néceſſaires d'un mouvement élliptique; mais ne prévenons point ici ce que nous devons dire ailleurs touchant les mouvemens céleſtes; contentons-nous d'avoir établi des principes que nous rappellerons, lorſque l'ordre des matiéres demandera que nous expliquions la forme, la durée, les rapports, &c. de ces révolutions & que nous tâchions d'en indiquer les cauſes phyſiques. V. LEÇON.

VI. LEÇON.

Sur la Gravité ou Peſanteur des Corps.

ON appelle *gravité* ou *peſanteur*, cette force qui fait tomber les corps du haut en bas, lorſque rien ne s'oppoſe à leur chûte, ou que les obſtacles ne ſont pas ſuffiſans pour les arrêter. VI. LEÇON.

Les Philoſophes ne ſont point d'accord entre eux ſur la cauſe de cette force. Les différentes opinions que cette queſtion a fait naître, peuvent ſe ranger en deux claſſes; dans les unes on regarde la peſanteur comme un principe de la nature, comme une qualité inhérente & primordiale des corps, qui peut n'avoir d'autre cauſe que la volonté tout-à-fait libre du Créateur; & c'eſt couper court à toutes difficultés: dans les autres on prétend qu'elle eſt l'effet de quelque matiére inviſible; mais les preuves ſur

lesquelles ces opinions sont ap-
VI. puyées (il faut l'avouer) ont essuyé
LEÇON. de grandes objections, auxquelles il ne paroît pas qu'on ait encore pleinement répondu.

Dire avec Aristote & avec ceux qui l'ont suivi, que les corps en se portant de haut en bas, obéissent à un principe qui les fait tomber ; ce n'est rien dire qui puisse éclairer l'esprit.

Regarder avec Newton la pesanteur des corps sublunaires, comme la suite naturelle d'une gravitation générale, qu'on observe dans toute la nature, & dont il a si bien calculé les loix ; c'est abandonner la cause pour s'attacher à l'effet.

Prétendre avec la plûpart des Newtoniens d'aujourd'hui, que cette pesanteur des corps qui nous environnent, n'est qu'un exemple particulier d'une tendance ou *attraction* réciproque, que tous les êtres matériels ont naturellement les uns vers les autres, par la seule volonté de Dieu ; c'est introduire en Physique une nouveauté qui s'est présentée à l'esprit de New-
* Kepler, Frenicle, Roberval, ton, comme à celui de plusieurs Philosophes ayant lui, * mais qu'il n'a pas

voulu qu'on lui imputât, s'il en faut croire ſes propres paroles. *

VI. Leçon.

Mais auſſi attribuer, comme Gaſſendi, la chûte des corps à certains écoulemens d'une matiére qui agiſſe comme celle de l'aimant; n'eſt-ce point indiquer une cauſe bien obſcure, bien vague, & dont l'exiſtence n'eſt fondée ſur rien de certain?

* *Philoſ. Naturalis Princ. Mathem. tom. 1. pag. 11. ed. Genev.*

Enfin nous avons vû en parlant des forces centrifuges, quelle a été la penſée de Deſcartes ſur cette queſtion, en quoi ſon hypothéſe eſt défectueuſe, ce que pluſieurs grands hommes ont fait depuis pour la rendre recevable, & pour la défendre; & tout bien conſidéré, il ſemble que ceux qui voudront n'entendre, ſur la cauſe phyſique de la peſanteur, que des explications qui ſoient en même tems ſatisfaiſantes & intelligibles, ne doivent point les chercher dans aucun ouvrage, qui ſoit connu juſqu'à préſent.

Tenons-nous-en donc aux phénoménes; ſi la cauſe échappe à notre curioſité, nous avons de quoi nous en dédommager, par la connoiſſance des effets: autant celle-là eſt incer-

taine, autant celle-ci est bien constatée, & ce qu'elle peut nous apprendre est également curieux & utile.

VI. LEÇON.

Avant Galilée, c'est-à-dire, il y a environ un siécle & demi, on étoit peu instruit des loix de la pesanteur : c'est à ce Philosophe Italien que nous sommes redevables des plus intéressantes découvertes qu'on ait faites sur cette matiére. Sa théorie a été généralement reçue de tous les Sçavans, & c'est sur ces fondemens que Messieurs Hughens, Newton, & Mariotte, ont travaillé depuis avec tant de succès & d'applaudissemens. Je ne me propose point de faire entrer dans cette Leçon tout ce que ces grands hommes ont enseigné touchant la pesanteur ; cette entreprise excéderoit les bornes que je me suis prescrites, & c'est dans leurs écrits mêmes qu'il faut les étudier, quand on veut sçavoir tout ce qui est connu sur cette matiére ; mais en suivant toujours le plan que je me suis fait, dès le commencement de ce Cours, je ferai choix des propositions les plus intéressantes, & je les appuierai sur des preuves d'expérience.

Je traiterai d'abord des effets qui

viennent de la pesanteur seule ; & je passerai ensuite à ceux où cette force n'entre que pour une part.

VI. LEÇON.

PREMIERE SECTION.

Des Phénoménes où la Pesanteur agit seule sur le Mobile.

IL ne faut point confondre ces deux termes, *pesanteur* & *poids*, quand on les prend dans le sens absolu, c'est-à-dire, quand ce qu'ils expriment s'entend d'un seul corps, sans aucune comparaison avec d'autres corps. Par *pesanteur*, on doit concevoir la force qui sollicite les corps à descendre, & qui leur fait parcourir de haut en bas un certain espace, dans un tems donné. Par *poids*, nous entendons la somme des parties pesantes qui sont contenues sous un même volume.

La pesanteur appartient également à toutes les parties d'un même corps ; qu'elles soient unies ou séparées, cette force n'en est ni augmentée, ni diminuée ; mais le poids d'un corps

VI. LEÇON.

traire à celle de la pesanteur, que parce qu'ils sont dans certaines circonstances qui les y forcent. Que l'on fasse cesser ces causes ; & bien-tôt on les verra tomber comme tous les autres corps, & prouver par leur chûte, qu'ils pésent comme eux, & dans le même sens.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

On met sur la platine d'une machine pneumatique, un bout de grosse chandelle allumée, ou bien un petit morceau de papier trempé dans une liqueur fait avec l'étain & le mercure, & qui fume beaucoup ; on met dessus un récipient cylindrique de verre, qui a 4 pouces de diamétre & environ un pied de hauteur ; & l'on fait le vuide le plus promptement & le plus parfait qu'il est possible. Voyez la *Fig.* 1.

EFFETS.

Après quelques coups de piston, la flamme de la chandelle s'éteint, & quand l'air est suffisamment raré-

fié, la fumée de la méche, ou la vapeur qui s'eſt élevée du papier retombe à la maniére des corps graves, & s'étend ſur la platine.

VI. LEÇON.

EXPLICATIONS.

La flamme ne pouvant ſubſiſter dans un air trop raréfié, par des raiſons que nous dirons ailleurs, lorſqu'on a diminué la denſité de celui qui eſt dans le récipient, la chandelle s'éteint; mais lorſque cet air eſt raréfié à un certain dégré, non-ſeulement la fumée ou la vapeur ne s'y éléve plus, mais celle même qui avoit gagné le haut du récipient, ſe précipite; parce que le fluide qui l'environne étant moins peſant qu'elle ſpécifiquement ne peut ni la ſolliciter à monter, ni s'oppoſer efficacement à ſa chûte. Il ne faut point paſſer légérement ſur ce principe, parce qu'il ſert à expliquer une infinité de phénomènes de cette eſpéce. Examinons donc en détail ce qui ſe paſſe dans cette expérience, & voyons comment l'air & la fumée changent de peſanteur relativement l'un à l'autre.

Une matiére raréfiée eſt celle qui,

VI. LEÇON.

sous un volume donné, n'a plus un aussi grand nombre de parties propres, qu'elle en avoit avant sa raréfaction. L'air du récipient, après plusieurs coups de piston, est réduit à un petit nombre de parties, sans rien perdre de son volume, car il remplit toujours le récipient, chaque portion prise au hasard dans ce vaisseau, contient donc moins de particules d'air, ou bien est composée de parties beaucoup plus écartées les unes des autres; qu'elles ne l'étoient avant la raréfaction. Ainsi comme le poids suit le nombre des parties matérielles, une ligne cube de cet air pése moins qu'une ligne cube du même air non raréfié. Ce que nous disons de ce petit volume doit s'entendre, par proportion, d'une suite de volumes semblables posés les uns sur les autres en forme de colonne; d'où l'on peut concevoir, que si la masse d'air contenue dans le récipient, est divisée en un certain nombre de colonnes pareilles, chacune d'elles pésera plus ou moins, suivant que la masse totale aura été plus ou moins raréfiée.

La fumée, ou la vapeur dont la

source est placée au fond du vaisseau, peut être aussi considérée sous des petits volumes, dont la suite sera une colonne ; & si l'on compare un volume de vapeurs à un pareil volume d'air, on conçoit bien que celui des deux qui a le plus de parties pesantes, a plus de forces pour aller à l'endroit le plus bas, ou pour s'y tenir. VI. LEÇON.

Ainsi l'air étant dans son état naturel, éléve les vapeurs, la fumée, la flamme, &c. parce qu'à volume égal, il a plus de poids ; mais quand on l'a raréfié, c'est-à-dire, quand on a diminué le nombre des parties pesantes de ce volume égal, il ne peut plus les élever, il ne peut pas même les soutenir, & la fumée répandue dans le vaisseau, se trouvant alors plus pesante relativement à l'air, qui a changé de densité, le déplace à son tour par sa gravité naturelle.

APPLICATIONS.

De tous les corps qui sont à la surface de la terre, il se détache continuellement des corpuscules qui, lorsqu'ils ont quitté la masse dont ils faisoient partie, se répandent & s'élé-

VI. LEÇON.

vent dans l'atmoſphère, juſqu'à ce que certaines circonſtances les déterminent à retomber. Ces petits corps connus ſous le nom de *vapeurs* & d'*exhalaiſons*, ſont la matiére d'une infinité de phénoménes admirables, étonnans & néceſſaires relativement à nos beſoins. Nous ferons mention ailleurs des différentes formes qu'ils prennent, & de leurs principaux effets; nous ne voulons parler ici que de leurs mouvemens, c'eſt-à-dire, de la maniére dont ils s'élévent & retombent, à quoi nous conduit naturellement l'expérience que nous venons d'expliquer.

Cette queſtion peut ſe réduire à quatre chefs principaux, ſçavoir, 1°, comment ces corpuſcules ſe détachent de leurs maſſes; 2°. par quelle cauſe ils s'élévent dans l'air; 3°. de quelle maniére ils s'y ſoutiennent à une certaine hauteur; 4°. & enfin, pourquoi il arrive qu'ils retombent vers la ſurface de la terre.

Quant à la premiére demande, l'opinion la plus univerſellement reçue eſt, qu'il regne ſur notre globe, & au-dedans, un certain dégré de cha-

leur qui entrerient en mouvement les parties insensibles de tous les corps. Ce mouvement, dit-on, détermine celles de ces parties qui sont les plus subtiles, & par conséquent les plus mobiles, à quitter la masse commune, comme on le remarque visiblement à la surface de l'eau que l'on fait chauffer, des viandes & des fruits que l'on fait cuire.

VI. LEÇON.

Il est assez vraisemblable que la chaleur naturelle ou artificielle, soit la cause principale de cet effet; mais on a peine à croire qu'elle soit la seule, quand on considère que l'évaporation ne diminue pas toujours comme la chaleur. Dans les hyvers les plus rigoureux, on voit quelquefois d'un jour à l'autre disparoître la neige qui couvroit la surface de la terre; & l'expérience a fait voir à plusieurs habiles Physiciens, que la glace diminue considérablement dans l'air le plus froid & le moins exposé aux rayons du soleil.

Je ne sçais s'il faudroit en conclure, selon l'opinion d'un Auteur *

* Muschenbroek dans ses comment. sur les exper. de Florence, 1. part. p. 137. *Edit. de Leide* 1731.

VI. LEÇON.

fort versé dans la Physique expérimentale, que la glace a un principe interne de dilatation qui n'est point la matiére du feu, ni le dégré de chaleur qui a pû s'y conserver, mais le mêlange d'une autre matiére très-subtile qui la fait comme fermenter.

Ne pourroit-on pas s'en tenir à des principes connus & avoués de tous les Physiciens, en disant que dans les cas où il ne paroît pas qu'on puisse attribuer l'évaporation à la seule action du feu, on doit en chercher la cause dans la grandeur des surfaces, dans leur état, ou dans la nature du fluide ambient, par rapport à celle des corps qui s'évaporent? Car toutes choses égales d'ailleurs, il est certain qu'un cube de glace isolé présente à l'air six fois plus de surfaces, que l'eau d'un vase dont l'ouverture seroit égale à un des côtés de ce cube: les parties évaporables ont donc six fois plus de liberté de s'échapper de la masse.

Mais à surfaces égales en apparence, n'a-t-on pas lieu de croire que les parties de la glace donnent plus de prise à l'air que celles de l'eau? N'en est-il

eſt-il pas de ce fluide comme de tous les autres ? à meſure qu'il approche de la congélation, ſa fluidité ne diminue-t-elle point par dégrés ? les parties ne commencent-elles point par ſe pelotonner, avant que de ſe lier enſemble ? Et ſi la glace n'étoit qu'un aſſemblage de ces petites maſſes, ou petits compoſés plus groſſiers que les parties de l'eau, ſa ſurface raboteuſe, ſinon pour nos ſens, au moins pour un contact proportionné à ces petites rugoſités, ne donneroit-elle pas plus de priſe à l'air qui la touche ?

VI. LEÇON.

Si ceci n'eſt qu'une conjecture par rapport à la glace, on ne peut nier que ce ne ſoit une choſe évidente par rapport à la neige. Au premier coup d'œil on remarque que ſa ſurface eſt un aſſemblage de molécules légeres & à jour, pour ainſi dire, de tous côtés ; & cette légéreté eſt d'autant plus grande que la neige s'eſt formée dans un tems plus froid.

Mais quel avantage prétendons-nous tirer de cette augmentation de ſurface pour l'explication du fait dont il s'agit ? En ſuppoſant que la maſſe

VI. LEÇON.

d'air qui environne les corps puisse contribuer à leur évaporation, d'une autre maniére que par le dégré de chaleur qu'elle peut leur communiquer, il est certain que cet air aura d'autant plus d'action sur les corpuscules évaporables, qu'il les touchera dans une plus grande étendue, ou (ce qui est la même chose) que ces petits corps tiendront par moins d'endroits à leur masse commune. On peut donc dire en général, que les mêmes parties d'un corps (de l'eau, par exemple) sont d'autant plus disposées à s'exhaler, qu'elles sont plus isolées; & qu'en conséquence, la neige ou toute autre congélation de ce genre peut s'évaporer autant, & peut-être plus que l'eau contenue dans un vase.

Mais que peut faire, dira-t-on, l'air extérieur sur ces petites parties presque isolées?

Non-seulement il aura plus d'avantage pour les détacher de la masse, en les heurtant de côté & d'autre, mais il employera pour les enlever directement, les mêmes moyens qui les font monter, quand elles sont entiérement détachées.

Celui de ces moyens qui eſt le plus connu & le plus généralement reçu, c'eſt ſon excès de peſanteur. On dit communément que ces petits corps, qui forment les vapeurs & les exhalaiſons, étant ſpécifiquement moins peſans que l'air qui les environne, s'élévent dans l'atmoſphère, comme la fumée de notre expérience s'eſt élevée dans l'air du récipient, & qu'ils montent ainſi juſques dans la moyenne région, où ils ſe trouvent en équilibre avec un air plus rare : la difficulté a toujours été de faire entendre, comment les parties évaporées des corps terreſtres pouvoient acquérir cette légéreté reſpective, capable non-ſeulement de les élever au-deſſus de l'air, mais encore de vaincre la réſiſtance du frottement, qui s'oppoſe continuellement à leur aſcenſion : on a toujours peine à comprendre comment de l'eau, par exemple, peut devenir plus légère qu'un fluide, qui, à volume égal, péſe environ 800 fois moins qu'elle. VI. LEÇON.

Quand on ſuppoſe ces particules fort diviſées, leur extrême petiteſſe aide à concevoir comment elles ſe

VI. Leçon.

soutiennent en haut par le frottement qui s'augmente comme les surfaces multipliées par la division; mais cette réponse qui léve une difficulté, quand il ne s'agit que d'expliquer la suspension des vapeurs, en fait naître une autre très-considérable, quand on examine leur ascension. Car le même frottement qui les soutient, leur fait obstacle, quand elles ont à monter, & cet obstacle est d'autant plus grand qu'elles sont plus divisées.

D'ailleurs que gagne-t-on par cette division si chaque partie, (quelque petite qu'elle soit,) immédiatement environnée d'air, reste telle qu'elle étoit dans la masse d'où elle s'est échappée. Le volume d'air qui lui répond, ne décroît-il pas dans la même proportion? Et si l'eau en général pése 800 fois plus que l'air, ce rapport se trouvera dans les plus petits volumes, comme dans les plus grands.

Il faut donc de deux choses l'une, ou que les parties qui s'exhalent des corps changent d'état en quittant la masse, ou que l'air, qui les touche, emploie, pour les enlever, un autre moyen que sa pesanteur.

Cette considération a fait naître quelques hypothèses fort ingénieuses: on a supposé que chacune de ces particules étoit un petit ballon rempli d'un air subtil, que la chaleur dilate, à peu près comme les boules de savon dont les enfans se divertissent. » Cette vésicule, dit-on, est plus légère que le volume d'air auquel elle répond dans l'atmosphère, & son excès de légéreté peut être tel, qu'il surpasse encore la résistance du frottement. »

VI. LEÇON.

L'imagination est ingénieuse, il faut l'avouer, & je crois qu'il ne seroit point impossible de lui conserver de la vraisemblance; mais s'il faut de la chaleur pour donner à ces petits ballons un volume suffisant, nous n'aurons guère de vapeurs en hyver? ou s'il en faut si peu pour les enfler, comment ne créveront-ils pas en été?

D'autres cherchant dans la dilatation des vapeurs, un principe de légéreté suffisante, ont considéré les parties comme autant de molécules, dont les pores agrandis & distendus par l'action du feu, augmentent leur

VI. LEÇON.

volume autant & plus, que leur premiére denſité n'excédoit celle de l'air. Suivant cette opinion, une particule d'eau réduite en vapeurs, ſera, par exemple, 1000 ou 1200 fois plus grande qu'elle n'étoit, & par conſéquent elle répondra à un volume d'air plus que ſuffiſant pour la ſoulever. Cette grande dilatabilité des vapeurs eſt appuyée ſur des expériences qu'on ne peut révoquer en doute, & que nous rapporterons, quand l'ordre des matiéres le permettra; mais elle exige un dégré de chaleur beaucoup plus grand que celui qui regne ordinairement dans les corps qui commencent à s'évaporer; & ſi partant d'un tel exemple, lorſqu'on voit des vapeurs s'élever par un tems frais, on conclud qu'il fait aſſez chaud pour les dilater au point d'être plus légéres que l'air, il paroît que c'eſt ſuppoſer ce qui eſt en queſtion: je crois qu'il y a une grande différence entre la ſimple évaporation, & la dilatation des vapeurs.

Mais ſi la chaleur naturelle ne peut le plus ſouvent que contribuer à détacher ces corpuſcules de leurs maſ-

ſes, & qu'elle ne les mette pas toujours en état de s'élever, ſi l'air d'ailleurs ne peut par ſon poids ſeul les forcer de monter tels qu'ils ſont; quel eſt donc le moyen que la nature ajoute à cette premiére cauſe? Car il eſt certain que les vapeurs s'élévent en tout tems, il n'y a que du plus ou du moins.

VI. LEÇON.

S'il m'eſt permis de hazarder ici mes conjectures, je dirai que l'air de l'atmoſphère fait en même tems l'office de diſſolvant & d'éponge à l'égard des corps qu'il touche immédiatement. Comment conçoit-on que de l'eau douce devient ſalée, quand on la met dans un vaiſſeau au fond duquel il y a du ſel? C'eſt que la liqueur s'inſinuant dans les pores du corps ſolide, ſe rejoint elle-même de tous côtés deſſous les parties qui compoſent la ſurface, les ſoulève enfin, & les diviſe à tel dégré, que ces parties elles-mêmes entrent dans les pores de l'eau, de la même maniére, & par la même cauſe que celles de l'eau ont pénétré le ſel. Plus les parties du ſel ſont iſolées, plus le ſel eſt poreux, plus il eſt humide, avant qu'on le

VI. LEÇON.

plonge, & plus auſſi ſa diſſolution devient facile ; & l'on en voit la raiſon, ſans qu'il ſoit beſoin de la dire : de même les corps qui s'évaporent, continuellement plongés au fond d'une maſſe d'air ſpongieuſe, fourniſſent une quantité de vapeurs d'autant plus abondante, que leurs parties ſont plus expoſées à l'action de ce fluide, & qu'il eſt lui-même par ſon état actuel, plus diſpoſé à les admettre dans ſes pores. Je n'oſerois dire que l'air s'inſinue dans les pores des corps ſolides ou des liquides, comme l'eau dans du ſucre ou dans du ſel qu'elle diſſout ; mais je n'avancerai rien que de croyable, quand je dirai, que, puiſqu'il y a dans tous les corps une très-grande quantité d'air diſſéminé, leurs ſurfaces ſont compoſées de molécules dont un très-grand nombre n'eſt que de l'air, & que cet air communique à d'autre qui fait de même, partie des couches inférieures, tellement que la matière propre de ces corps, lorſqu'ils ſont environnés d'air, reſſemble à un grain de ſel humide qu'on plonge dans l'eau, & qui eſt d'autant plus diſſoluble qu'il a été

plus

plus pénétré d'eau avant que d'être plongé. La ſurface qui nous paroît la plus unie, préſente donc à l'air qui la touche, des parties iſolées, & qui ne tiennent à la maſſe que par un petit nombre de points; & comme il n'y a aucune matiére connue, en tel état qu'elle puiſſe être, dont les parties ſoient parfaitement en repos les unes à l'égard des autres, il n'y a donc à la ſuperficie des corps aucune particule qui ne ſoit diſpoſée plus ou moins à céder aux efforts de l'air qui l'entoure. VI. LEÇON.

Mais ſi l'air eſt comme on l'imagine, pour expliquer ſon élaſticité, un corps ſpongieux dont les parties reſſemblent à de petits filamens ou à de petites lames ſpirales; pour enlever les petites parties des corps dont nous venons de parler, il n'aura pas beſoin d'autre force que celle qui s'obſerve tous les jours dans les corps de cette eſpéce; car comme le ſel s'éléve dans une maſſe d'eau à meſure qu'elle le diſſout, quoique ſes parties ſoient plus peſantes que celles de l'eau, comme l'eau s'éléve dans du ſucre, malgré ſon propre poids, de même on

VI. LEÇON.

pourra dire que les vapeurs & les exhalaisons, sans devenir plus légères que l'air, s'élévent dans l'atmosphère suivant la proportion qu'il y a entre elle & la porosité du fluide.

Il est vrai qu'on ne sçait pas bien comment les liqueurs s'élévent au-dessus de leur niveau, dans une éponge, dans les tubes capillaires & autres corps semblables; car de dire que l'attraction est la cause de cet effet, c'est ne satisfaire qu'une partie du monde, encore n'est-ce pas celle qui n'admet que des idées claires & intelligibles: mais on est parfaitement d'accord sur le fait; & quand je dis que les vapeurs montent dans l'atmosphère, comme l'eau dans une éponge, je ne prétends pas remonter jusqu'à la premiére cause; je m'en tiens à la cause prochaine & immédiate; en un mot, je ne me propose que d'expliquer un fait par un autre, ce qui est très-permis en Physique.

Je ne puis étendre ici cette idée autant qu'il le faudroit pour lui donner toute la vraisemblance dont elle est susceptible; cette digression nous éloigneroit trop de notre objet pré-

sent; j'aurai occasion de la reprendre & de la suivre plus loin, en parlant des tuyaux capillaires; j'ajouterai seulement que si cette dernière cause ajoutée aux autres, que nous ne rejettons point, les rend suffisantes pour former & pour élever les vapeurs, elle pourra de même contribuer à les tenir suspendues; jusqu'à ce que l'atmosphère venant à changer de densité, soit par compression, soit par condensation, soit même par dilatation, ces petits corps suspendus se rapprochent, pour former des masses plus pesantes, ou bien qu'ils soient seulement abandonnés à leur propre poids; comme on voit qu'il arrive dans le récipient d'une machine pneumatique, où l'on apperçoit un petit brouillard après les premiers coups de piston, parce que l'air en se raréfiant abandonne les corps étrangers qu'il contient *.

V. LEÇON.

Pour revenir à notre premiere expérience, il est donc certain qu'Aristote & ceux qui l'ont suivi, se sont trompés, lorsqu'ils ont prétendu qu'il y a des corps qui tendent naturellement à se mouvoir de bas en haut,

* *Mem. de l'Acad. des Scien.* 1740, p. 252.

VI. LEÇON.

Ce que nous avons dit touchant les faits qui leur en ont imposé, suffit pour faire entendre qu'il n'y a point de légéreté absolue, & que les corps à qui l'on donne improprement le nom de légers, sont ceux qui ont peu de poids ou de matiére propre sous un grand volume.

ON peut considérer dans la pesanteur comme dans toute autre force, la *direction*, & l'*intensité*, c'est-à-dire, la mesure, ou la quantité de son action sur les corps.

La direction de la pesanteur est toujours la même; les corps qui tombent librement, se dirigent d'eux-mêmes vers la surface de la terre, par une ligne perpendiculaire à l'horizon, comme il paroît quand on en fait l'épreuve sur une eau dormante; & s'ils décrivent quelquefois en tombant des lignes obliques ou des courbes, c'est qu'ils y sont forcés par des obstacles : telle est la chûte d'un pendule pendant sa demi-vibration; il ne décriroit pas un arc de cercle, s'il n'étoit retenu par le fil ou la verge qui l'oblige de tourner autour du point de suspension,

Au lieu d'exprimer la direction de la pesanteur, par une perpendiculaire à l'horizon, on l'exprime souvent, par une tendance au centre de la terre, ce qui signifieroit la même chose, si notre globe étoit parfaitement sphérique ; car alors tous les rayons prolongés du même point, seroient autant de perpendiculaires à la surface. Mais cette hypothèse n'est plus ni reçue, ni recevable ; & si le globe terrestre est un sphéroïde applati vers les pôles, comme il y a tout lieu de le croire, le compas & la régle font voir, que les lignes dirigées perpendiculairement à tous les points de sa surface n'aboutissent pas au vrai centre, mais à différens points qui composent un espace autour du centre. Mais comme cet espace est fort petit, à cause du peu de différence qu'il y a entre la figure attribuée à la terre, & celle d'une sphère parfaite ; on peut sans erreur sensible, & quand il ne s'agit point de cette question, garder l'expression commune, & prendre le centre de la terre pour celui des corps graves. VI. LEÇON.

Quant à l'intensité de la pesanteur,

VI. LEÇON.

on peut demander, 1°. si elle est la même dans tous les corps, dans tous les tems, dans tous les lieux. 2°. Si elle varie suivant l'état des corps. 3°. Si elle peut augmenter dans le même mobile, & comment se font ses progrès.

L'expérience ne peut nous apprendre qu'à peu près, combien un corps parcourt d'espace dans un certain tems, en vertu de la pesanteur qui l'anime, parce qu'il a toujours à vaincre des obstacles inséparables de l'état naturel, comme en éprouvent les corps qui obéissent à toute autre puissance. La résistance des milieux qui varie comme leurs densités, la figure du corps qui tombe, le rapport de sa masse à son volume, & quelque autre considération dont nous parlerons dans la suite, empêchent qu'on ne sçache bien exactement la mesure de la pesanteur primitive, & telle qu'elle seroit, si elle n'étoit diminuée par des causes étrangères. On sçait seulement qu'à Paris, par exemple, ou aux environs, une balle de plomb, ou tout autre corps qui auroit beaucoup de matiére avec

peu de volume, parcourt dans l'air libre environ 15 pieds de France dans la premiére ſeconde de ſa chûte : on verra bientôt pourquoi j'embraſſe toutes ces circonſtances dans cette propoſition. VI. LEÇON.

On croyoit autrefois que la peſanteur & le poids étoient ſynonymes ; & que les corps tomboient d'autant plus vîte, qu'ils avoient plus de maſſe. Il y avoit effectivement quelque vraiſemblance à croire qu'un mobile compoſé de quatre parties peſantes, devoit tendre davantage au terme de la peſanteur, que celui qui n'en auroit qu'une ou deux ; & ce qui achevoit d'induire en erreur, c'eſt qu'on voyoit une plume, un papier, un ballon de laine, &c. tomber toujours plus lentement qu'une pierre, un morceau de métal, &c. mais un *plus* ou un *moins* ne décident rien, quand il n'a point de proportion avec la cauſe que l'on ſoupçonne. Galilée vit bien comme Ariſtote, qu'une plume tomboit moins vîte qu'une livre de plomb ; mais il meſura ce *moins*, il le compara avec l'excès de maſſe du corps le plus prompt à tomber, &

VI. LEÇON.

il trouva qu'il ne répondoit pas à la différence qu'il y avoit entre les poids des deux mobiles. Il prit donc une autre idée de la pesanteur, & au lieu de penser, comme on avoit fait jusqu'alors, qu'il y en avoit plus dans le plomb que dans la plume, il imagina que cette force étoit égale dans l'une & dans l'autre, mais que la résistance du milieu se faisoit plus sentir sur celui des deux corps qui avoit le moins de matière. Ce raisonnement étoit bien fondé, & nous en ferons connoître toute la justesse en expliquant l'expérience qui suit.

II. EXPERIENCE.

PREPARATIONS.

On établit solidement sur la platine d'une machine pneumatique, un chassis qui contient un tuyau de verre qui a six pieds de longueur, deux pouces $\frac{1}{2}$ de diamétre, plus large & ouvert par ses deux extrémités *A*, *B*, *Fig.* 2. on joint en haut par le moyen d'un anneau de cuir mouillé, une platine de cuivre sous laquelle est fixée la chappe d'une piéce qui tourne verti-

calement, & qui se divisant en six rayons, forme autant de pinces à ressort. Cette piéce est représentée seule de face dans la *Fig.* 3. & elle se voit de côté en *CD Fig.* 4. son axe porte un pignon à lanterne qui engréne une roue à cheville *F*, enarbrée sur une tige de cuivre bien cylindrique qui traverse la platine & un collet G rempli de cuirs gras. Le bout de cette tige est fixé à un rouleau *H* au-dessus duquel est un anneau qui répond à un levier *I*, & ce levier se meut par le moyen d'un cordon; *K* est un barillet garni d'un ressort de montre, pour contretirer le cordon qui enveloppe, & qui fait tourner le rouleau *H*.

Avant que de placer cette piéce sur le tuyau de verre, il faut avoir soin de garnir les six pinces en mettant à chacune deux petits corps dont les volumes soient à peu près semblables, mais qui différent en poids: de sorte cependant que ces différences ne soient pas également grandes dans chaque paire. Ainsi l'on pourra mettre, par exemple, dans la premiére un morceau de plomb & une plume; dans la seconde, un morceau

VI. LEÇON.

de cuivre & une petite feuille de papier; dans la troiſiéme un morceau de bois & un morceau de fer, &c.

Lorſqu'on a raréfié l'air dans le tuyau le plus qu'il eſt poſſible avec la pompe, en tirant la corde *L*, on fait tourner la roue *F*, pour mettre une des pinces dans une ſituation verticale, comme *D*; on tire enſuite le cordon *M*, pour élever la roue *F*, dont le bord preſſe le petit lévier *n*, & fait ouvrir la pince; celle-ci ayant fait ſon office, on en fait paſſer une autre de même, & ainſi de ſuite juſqu'à la derniére.

EFFETS.

Tous ces corps échappant deux à deux, tombent en même tems, & ne laiſſent appercevoir aucune différence ſenſible dans la durée de leur chûte.

Mais ſi l'on recommence l'expérience, en laiſſant le vaiſſeau plein d'air dans ſon état naturel, ceux qui ont le plus de poids tombent plus vîte, & la lenteur des autres eſt plus ſenſible à meſure que leur maſſe eſt moins grande. Ainſi le bois tombe plus len-

tement que le fer; mais sa lenteur n'est pas si grande que celle du papier & de la plume. VI. LEÇON.

On peut faire la même expérience sans un aussi grand appareil, en se servant d'un tuyau de verre, long de 4 à 5 pieds, & d'un pouce ou environ de diamétre, dans lequel on enferme une piéce de métal & un morceau de papier de même grandeur: le tuyau étant absolument fermé par un bout & garni d'un robinet par l'autre, on l'applique à la machine pneumatique pour y faire le vuide, après quoi on l'ôte; & en le renversant tantôt d'un bout, tantôt de l'autre, on voit autant de fois qu'on le veut, que le morceau de papier tombe dans le vuide, aussi vîte que le métal; & qu'il n'y a de différence de l'un à l'autre, à cet égard, que quand le tuyau est plein d'air.

EXPLICATIONS.

La premiére partie de cette expérience prouve évidemment & directement, que la pesanteur est égale dans tous les corps, & que les différences qu'on apperçoit dans leurs chûtes,

VI. LEÇON.

ne doivent être attribuées qu'à la réſiſtance des milieux par leſquels ils tombent: puiſqu'en ſupprimant ou en diminuant beaucoup cette réſiſtance, les tems qu'ils emploient à deſcendre de hauteurs égales ſont ſenſiblement les mêmes. La ſeconde partie nous apprend comment nous devons évaluer ces différences que nous remarquons dans la chûte des graves qui différent entr'eux par leur quantité de matiére. Car ſi nous regardons la peſanteur comme une vîteſſe commune & égale dans tous les graves, les quantités de mouvement, ou les forces de deux corps qui commencent à tomber, ne peuvent différer entr'elles que par la maſſe. Suppoſons donc un morceau de plomb qui péſe 12 onces, & un morceau de bois de même volume & de même figure qui en péſe une: puiſque la vîteſſe initiale, ou la peſanteur de ces deux mobiles eſt la même, leurs quantités de mouvement, au premier inſtant de leur chûte, ſeront comme leurs maſſes, c'eſt-à-dire, 1 dans celui-ci, & 12 dans l'autre. Suppoſons maintenant que pendant leurs chûtes,

la réſiſtance du milieu rallentiſſe leur mouvement d'un demi-dégré ; cette diminution ſera égale dans l'un & dans l'autre, puiſque c'eſt le même milieu, que les volumes ſont égaux & les figures ſemblables : mais le morceau de plomb qui a perdu un demi-dégré de mouvement, en a encore $11\frac{1}{2}$, au lieu que le morceau de bois, par une ſemblable perte, ne s'en trouve plus avoir qu'un demi ; dans l'un le mouvement eſt rallenti ſeulement de la douziéme partie, dans l'autre il l'eſt de la moitié, quoique ces deux effets procédent de la même cauſe.

APPLICATIONS.

Le principe que nous venons de prouver par l'expérience précédente, eſt d'une grande importance ; auſſi n'a-t-on rien négligé pour le mettre dans tout ſon jour. M. Newton l'a confirmé par les vibrations de pluſieurs boules ſuſpendues, dont il a mis les diamétres & les poids en différens rapports : nous ferons voir inceſſamment que cette eſpéce de mouvement eſt un effet de la peſanteur ;

VI. LEÇON.

ainſi quand deux boules de même poids, de même groſſeur, & ſuſpendues à des fils égaux, continuent de balancer auſſi long-tems dans le même air, elles font voir qu'elles ſont animées par des peſanteurs égales : & l'on doit perſévérer dans le même ſentiment, quoique la diminution du poids y apporte une différence, ſi, comme l'expérience le fait voir, cette différence ne ſuit pas le rapport des maſſes.

Meſſieurs Frenicle & Mariotte éprouverent d'après Galilée, la chûte directe des corps à de grandes hauteurs ; mais perſonne ne fit ces ſortes d'épreuves dans des circonſtances plus avantageuſes que celles où ſe trouva M. Deſaguilliers * en profitant de la grande élévation du dôme de S. Paul à Londres, & des lumiéres de Meſſieurs Newton, Halley, &c. qui voulurent être préſens.

*Tranſact. Philoſoph. n. 362. art. 4.

On fit tomber pluſieurs corps de différens poids, & de différens volumes, de la hauteur de 272 pieds ; & l'on remarqua que deux boules dont les diamétres étoient d'environ 5 pouces $\frac{1}{2}$, & qui peſoient l'une

2610 grains, & l'autre 137 $\frac{1}{2}$, employerent des tems fort différens à tomber de toute cette hauteur ; car la plus pesante acheva sa chûte en 6 secondes $\frac{1}{2}$, & celle de l'autre en dura près de 19 : ce qui fait bien voir que la vîtesse des corps qui tombent, n'est point proportionnelle à leur masse ; car dans cette derniére expérience, les deux boules, quant au poids, sont à peu près dans le rapport de 19 à 1 ; & toutes les autres circonstances sont égales pour l'une & pour l'autre ; cependant il s'en faut bien que la plus pesante tombe 19 fois plus vîte que l'autre, car au lieu de 6 secondes, elle n'auroit dû en employer qu'une. V. LEÇON.

Il est facile d'expliquer maintenant, pourquoi la même matiére devient plus lente à tomber, à mesure qu'elle se divise, ou qu'elle augmente de volume, comme un morceau de bois que l'on réduit en coupeaux minces, un jeu de cartes, ou un paquet de plumes qui n'est pas lié. La chûte d'une grosse pluie est bien différente de celle de la neige ; & l'eau qui tombe, sans se diviser, fait un effort bien

VI. LEÇON.

plus considérable que celle qui se réduit en gouttes, & qui s'étend dans l'air qu'elle traverse.

Sans cette résistance de l'air, qui retarde, & qui divise les corps, dont les parties ne sont point fortement liées, on verroit avec autant de danger que d'étonnement une potée d'eau jetée par une fenêtre, tomber sur le pavé, avec autant de bruit & d'effort qu'un glaçon de même poids. S'il y en avoit la valeur d'une pinte, autant vaudroit presque recevoir sur la tête une pierre du poids de deux livres, qui tomberoit de la même hauteur. Mais la surprise ne dureroit pas longtems, pour ceux qui seroient au fait des principes que nous expliquons. Car ils sçauroient qu'une masse liquide qui tombe par quelque milieu matériel que ce soit, éprouve une résistance directe en sa partie inférieure, & un frottement aux surfaces latérales : que ces deux sortes de résistances retardent davantage ce qui est exposé à leur action immédiate que le reste, & qu'ainsi le mobile, dont les parties ne sont presque point liées, doit en peu de tems changer

de

de figure, & se diviser; mais ces deux derniers effets doivent cesser, quand la cause qui a coutume de les produire, ne subsiste plus. VI. LEÇON.

Une expérience presqu'aussi ancienne que la machine pneumatique, & qui, pour n'avoir pas le mérite de la nouveauté, n'en est pas moins curieuse, prouve admirablement bien ce que nous disons ici de la chûte des liqueurs.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un tube de verre un peu fort, *Fig.* 5. dont le diamétre égale 8 ou 10 lignes, on met quelques pouces d'eau; & après avoir fait le vuide dans le reste de la capacité, on le scelle à la lampe d'un Emailleur, en *A*.

EFFETS.

Quand on secoue ce tube perpendiculairement, l'eau se trouve élevée toute d'une piéce, à la hauteur de quelques pouces, comme en *B*; & en retombant de même sur le fond, elle

VI. LEÇON.

fait le même bruit & le même effort qu'un corps ſolide; & ceſon eſt beaucoup plus aigu, quand on réſerve une boule creuſe, & mince en la partie ſupérieure, comme on le voit par la figure.

EXPLICATIONS.

Si dans ce vaiſſeau il y avoit de l'air tel que celui de l'atmoſphère, depuis la ſurface de l'eau *C* juſqu'en *A*, lorſque par la ſecouſſe on éléveroit l'eau de *C* en *B*, la colonne d'air contenue dans cette partie prendroit ſa place pour un inſtant, & l'eau en retombant rencontreroit ce fluide flexible qui retarderoit ſa chûte, & qui après une diviſion réciproque, lui céderoit ſa premiére place; mais quand il n'y a que de l'eau dans le tube, & que rien ne la déſunit, elle retombe toute enſemble, & la baſe de cette colonne liquide frappe immédiatement le fond du vaiſſeau, comme pourroit faire un cylindre ſolide du même poids.

APPLICATIONS.

Le mercure d'un barométre, (ſi l'inſ-

trument est bien fait,) se trouve dans le même cas que l'eau de cette dernière expérience; quand on le fait balancer dans le tube, si la secousse est forte, on court risque, de casser le verre, & l'on entend toujours le coup, comme celui d'un corps solide, parce que la partie supérieure du tuyau est vuide d'air, & que le mercure heurte immédiatement le fond.

LE tems n'apporte par lui-même aucune différence à la pesanteur des corps; à moins qu'on ne suppose, (mais pourquoi le supposeroit-on?) que les changemens qui lui arrivent, sont uniformes & proportionnels dans toute la nature, car pour ce qui est des poids comparés, ce qui pese une livre, continue toujours de peser exactement une livre, tant que la quantité de matiére reste la même. On en peut juger par les pesanteurs spécifiques de matiéres connues; l'or, par exemple, est constamment dans le rapport de $19\frac{1}{2}$ à 1 avec l'eau pure. Il est vrai que ces quantités sont sujettes à de petites différences; mais il est plus raisonnable de les attribuer

VI. LEÇON.

aux différens états des matiéres, au froid, au chaud, à la séchereſſe, à l'humidité, &c. que de les rejetter ſur une cauſe inconnue qu'on n'a pas lieu de ſoupçonner. S'il arrive tous les jours qu'un corps devienne plus ou moins peſant qu'il n'étoit, on doit faire attention qu'il a perdu ou acquis des parties matérielles qui augmentent, ou diminuent ſa maſſe. Une éponge, ou quelque corps équivalent, ſuſpendue au bras d'une petite balance, & expoſée aux impreſſions de l'air, devient tantôt plus, tantôt moins peſante : c'eſt que l'humidité qui regne dans l'air, ajoute à ſon poids en certain tems, & qu'au contraire elle en ſort, quand il fait plus ſec. Cette explication eſt ſi naturelle & ſi bien reçue, que bien des perſonnes emploient ce moyen pour connoître l'humidité ou la ſéchereſſe de l'air. On ſçait que le bois flotté eſt plus léger que le bois neuf, faudroit-il en conclure que la peſanteur varie ? n'eſt-il pas viſible que cette diminution de poids vient de ce qu'il a perdu une partie de ſa ſubſtance ? Au moins ne peut-on pas douter que l'eau ne lui

ait fait perdre une grande partie de ſes ſels ; car la leſſive que l'on fait de ſa cendre, en contient peu, & par cette raiſon elle eſt moins propre qu'une autre à blanchir le linge.

VI. LEÇON.

Si quelques expériences ont paru indiquer des changemens dans le poids d'une même matiére, nous ne devons donc point croire qu'elles puiſſent prouver, comme quelques perſonnes l'ont cru, que la peſanteur varie par ſucceſſion de tems ; il nous paroît plus vraiſemblable que ceux qui les ont faites, auront été trompés par quelque défaut dans l'exécution, qui aura échappé à leur vigilance. Les poids des pendules, des horloges, des tournebroches, &c. ſont des preuves d'expérience qu'on peut leur oppoſer, & qu'on ne peut révoquer en doute.

Mais ſi le tems n'apporte aucune variation à la peſanteur des corps, cette force ne change-t-elle pas ſelon les lieux ?

Lorſqu'on fait attention que le centre des corps graves eſt celui de la terre, on peut être porté à croire qu'à une diſtance plus ou moins grande de

VI. LEÇON.

ce terme, la pesanteur pourroit bien n'être pas la même. Mais quand, pour comparer cette force à elle-même, nous l'avons éprouvée aux plus grandes hauteurs & profondeurs qui nous soient accessibles, & que nous n'y appercevons aucune différence, il semble qu'il soit permis de croire qu'elle est uniforme par-tout. Aussi l'a-t-on supposé avant qu'on eût trouvé des raisons pour croire le contraire.

Newton nous assure, (& Newton mérite qu'on l'écoute,) que cette puissance secréte qui sollicite les corps à tomber vers la terre, agit moins sur eux, quand ils en sont plus éloignés; il fait plus, il nous donne des régles pour évaluer cette diminution, & comme s'il eût porté la balance jusqu'aux Astres, il veut que l'on croie, qu'une pierre qui commenceroit à tomber de la Lune, ne feroit pas plus de chemin en une minute, qu'elle en fait ici-bas en une seconde; c'est-à-dire, qu'à une telle hauteur, elle tomberoit 3600 fois plus lentement qu'elle ne fait aux environs de la surface de la terre.

S'il est étonnant que ce Philosophe ait-osé prononcer ainsi sur des cho-

ſes qui paroiſſent au-deſſus des forces de l'eſprit humain, on doit être encore bien plus ſurpris qu'il ne les ait pas données comme des ſyſtêmes, mais qu'il ait appuyé tout ce qu'il a avancé, ſur des preuves & ſur des démonſtrations (*a*). A la vérité, Newton n'a pas démontré que la force centripéte de la Lune ſoit la même que celle des autres corps qui appartiennent à notre globe ; mais il l'a ſuppoſé avec beaucoup de vraiſemblance.

VI. LEÇON.

Comment donc peut-on ſçavoir ce qui ſe paſſe à la Lune, pour en parler avec tant de hardieſſe, & pour avoir encore l'avantage de ſe faire croire ?

C'eſt dans les ouvrages même de M. Newton, ou dans des extraits plus amples que ceux que nous pouvons nous permettre ici, qu'il faut étudier ſes penſées & ſes preuves. Ce qu'il a enſeigné touchant la peſanteur des corps, eſt lié avec tout le ſyſtê-

(*a*) Quoique la théorie de M. Newton s'accorde bien avec la plûpart des obſervations aſtronomiques, cependant on eſt obligé de convenir, par rapport à la Lune, que la loi ſuivant laquelle il fait diminuer la peſanteur, n'eſt pas recevable. Voyez ce qu'en dit M. Clairaut, *Mem. de l'Académie des Sciences*, 1745.

VI. LEÇON.

me général du monde qu'il a plus heureuſement concerté qu'aucun autre Philoſophe ; & il eſt aſſez difficile de ſe former une idée bien juſte de cette partie, quand on la ſépare des autres avec leſquelles elle a une connexion néceſſaire. Nous nous contenterons donc de faire ſeulement entrevoir ici, comment il eſt poſſible de juger de la peſanteur des corps à la hauteur de la Lune, par celle qu'ils ont ici-bas ; en ſuppoſant que la force centripéte de la Lune n'eſt autre choſe que cette gravité qui fait que tous les corps qui ſont près de nous, tendent à deſcendre vers le centre de la terre.

Suppoſons que *T*, *Fig. 6.* repréſente la terre, *L* la Lune, *LQRS* l'orbite de cet aſtre, c'eſt-à-dire, la révolution qu'elle fait autour de la terre dans l'eſpace de près d'un mois. On connoît aſſez bien la diſtance qu'il y a de la terre à la Lune, c'eſt à peu-près 60 fois le demi-diamétre du globe terreſtre, voilà des quantités connues depuis long-tems, & ſur leſquelles tout le monde eſt d'accord.

En parlant des forces centrales dans

dans la Leçon précédente, nous avons fait connoître qu'un corps qui circule, ne le fait qu'en conſéquence d'une force qui le pouſſe, ou qui le tire toujours vers un même point, pendant qu'une autre force le ſollicite à ſe mouvoir dans une autre direction. Lorſque nous voyons tourner la Lune autour de nous, nous pouvons donc conclure en toute ſûreté qu'elle a une force centripéte, ou, ce qui eſt la même choſe, qu'elle péſe vers la terre.

VI. LEÇON.

Nous avons fait voir auſſi en parlant du mouvement compoſé, que ſi un mobile obéit en même tems à deux puiſſances, comme *L P*, *L C*, on connoît le rapport de ces deux puiſſances par la diagonale *L Q* que ce corps décrit.

Comme on ſçait le tems que la Lune eſt à parcourir toute ſon orbite, on connoît auſſi celui qu'elle emploie pour en décrire une petite portion, comme *L Q* : & par-là on peut juger du chemin qu'elle auroit fait en pareil tems, ſi elle n'avoit obéi qu'à l'une des deux puiſſances. Si, par exemple, *L Q* eſt ce qu'elle parcourt

VI. LEÇON.

de son orbite en une heure, LP représente la quantité dont elle descendroit en une heure, si elle suivoit l'impulsion de la seule pesanteur.

C'est à-peu-près de cette manière que Newton est venu à bout de connoître qu'un corps grave, en commençant à tomber de la Lune, parcourroit à-peu-près 15 pieds dans l'espace d'une minute; puis comparant cette vîtesse à celle des corps qui obéissent ici-bas à la pesanteur, il la trouva 3600 fois moins grande; car une pierre qui tomberoit librement pendant une minute, parcourroit 3600 fois 15 pieds, ou bien 54000 pieds: d'où il conclut que la pesanteur décroît comme le quarré de la distance augmente; car 3600 est le quarré de 60, & la Lune est 60 fois plus éloignée du centre de la terre que les corps qui sont comme nous à la surface.

Si nous pouvions nous élever à des hauteurs assez considérables, ce seroit une chose bien curieuse de constater cette théorie par quelque expérience; mais nos plus hautes montagnes ne sont pas suffisantes, & quand on les

VI. LEÇON.

ſuppoſeroit de deux lieues perpendiculaires au-deſſus du terrein le plus bas où nous puiſſions deſcendre, on voit par le calcul que le décroiſſement de la peſanteur ſeroit encore inſenſible dans des chûtes directes & non retardées (*a*).

Si une diſtance plus ou moins grande des corps graves au centre de la terre, a pu faire reconnoître quelque variation dans leur peſanteur, la différence des climats devoit-elle faire naître de ſemblables ſoupçons ? Dans un tems

(*a*) Lorſque j'écrivois ceci, nous ne jouiſſions point encore des connoiſſances acquiſes par les Académiciens envoyés au Pérou, pour les meſures relatives à la figure de notre globe. Feu M. Bouguer nous a appris dans ſon livre de la *Figure de la Terre*, publié en 1749, qu'ayant comparé par les oſcillations d'un corps grave, les effets de la peſanteur au bord de la mer, avec ceux de cette même force meſurés ſur le ſommet du Pichincha, montagne dont la hauteur eſt de 2434 toiſes, il avoit trouvé que le pendule à ſecondes, devoit être plus court d'une demi-ligne & un peu plus, dans ce dernier lieu que dans le premier; ce qui marque une diminution de peſanteur dont ce Sçavant fait voir qu'on ne peut attribuer qu'une très-petite partie à la force centrifuge réſultante d'une rotation plus rapide dans l'endroit le plus élevé de la terre.

VI. Leçon.

sur-tout où la figure de la terre étoit encore réputée sphérique, tous les lieux de sa surface ne doivent-ils point paroître indifférens pour cette tendance au centre.

Dès qu'on a supposé que la terre se meut en 24 heures autour de son axe, on auroit pu faire attention, que toutes les parties de sa surface ne tournent pas également vîte; celles qui sont sous l'Equateur, décrivant des cercles beaucoup plus grands que celles qui avoisinent les pôles, comme nous l'avons fait voir en expliquant l'expérience du globe de verre dans la Leçon précédente *. Cette considération conduisoit naturellement à penser que tous les corps qui sont à la surface de notre globe, participant à son mouvement, ont une force centrifuge; que cette force contraire à la pesanteur doit être plus grande vers l'Equateur que vers les pôles; & qu'ainsi la pesanteur doit diminuer, à mesure qu'on est plus près de cette partie de la terre. Mais avant Descartes & M. Hughens il n'étoit guère question de forces centrifuges; & si Copernic, en proposant

* 6. Exper. Fig. 22. & 23.

son hypothèse, l'eût encore chargée de cette nouveauté, il y a bien de l'apparence que dans son tems elle n'eût pas été mieux reçue que le reste. VI. LEÇON.

L'Académie des Sciences y pensa dès qu'elle fut formée; & en 1672, elle recommanda cet objet à M. Richer, lorsqu'il alla, par ordre du Roi, à l'Isle de Cayenne, située à-peu-près à 5 dégrés de latitude, pour des observations qu'on ne peut faire dans notre climat; cela donna lieu à une découverte plus intéressante sans doute que toutes celles qu'on s'étoit proposées. M. Richer observa qu'un pendule qui battoit les secondes à Paris, mesuroit des tems plus longs dans le pays où il étoit.

Un pendule est un instrument composé d'un corps pesant, comme une balle de plomb, par exemple, qui décrit des arcs autour d'un point fixe, par le moyen d'un fil ou d'une verge mince qui le tient suspendu. Nous ferons voir dans la suite de cette Leçon, que son mouvement, que l'on nomme *oscillation*, est un effet de la pesanteur, & qu'il est plus ou moins prompt, selon que le fil de suspension

a plus ou moins de longueur.

VI. LEÇON.

M. Richer s'étant donc bien assuré que son pendule réglé à Paris pour battre les secondes retardoit à la Cayenne, y remédia en le raccourcissant d'une quantité dont il tint un compte exact; & cette expérience répétée depuis par plusieurs bons Observateurs, & en dernier lieu par les Académiciens qui sont allés au Pérou, & par ceux qui ont fait le voyage du Nord, pour les mesures qui ont rapport à la figure de la terre, a toujours fait connoître que les corps tombent plus lentement vers l'Equateur qu'ailleurs, & que ce retardement diminue, à proportion que la latitude du lieu augmente.

Fondé sur cette connoissance on a compté plus que jamais sur le mouvement diurne de la terre; & comme cette rotation, une fois admise, imprime aux parties du globe des forces centrifuges, qui ne sont point égales dans toute son étendue, on commença à former des doutes sur sa figure qui passoit pour sphérique dans l'opinion commune.

Tant que l'on a considéré la terre

comme immobile, il étoit vraisemblable qu'elle fût une sphère parfaite, parce que ses parties n'obéissant qu'à une pesanteur égale, doivent former autour du centre commun de leur gravité, des rayons ou des colonnes de même longueur, pour se mettre en équilibre. Mais si cette gravité primitive se trouve diminuée par une force contraire, & que cette diminution ne se fasse point en quantités égales dans toute l'étendue du globe, il n'est guère possible d'accorder l'équilibre de ses parties avec une figure parfaitement sphérique.

VI. LEÇON.

Soit *A D B E*, *Fig.* 7. une coupe diamétrale de la terre, au moment de la création, composée de parties également pesantes vers le point *C*, & assez fluides pour s'arranger en conséquence de cette pesanteur; il est certain que tous les rayons *AC*, *D C*, *F C*, &c. pour être en équilibre, doivent être de même longueur & que toutes leurs extrémités seront rangées dans la circonférence d'un cercle.

Mais si l'on considère la terre comme ayant un mouvement de rotation

VI. LEÇON.

sur l'axe *A B*; l'équilibre ne peut plus subsister entre des rayons égaux : car alors la force centrifuge détruit une partie de la pesanteur, & cette diminution va toujours en augmentant du pôle à l'Equateur. Car le point *D* décrit en 24 heures un grand cercle, le point *F* dans le même tems parcourt un paralléle dont le diamétre est beaucoup plus petit, & le point *A* ne tourne point. La colonne *CD* pour être aussi pesante que *CA*, doit donc augmenter en longueur, & compenser par plus de matiére ce que sa force centrifuge diminue de sa gravité.

Le mouvement de rotation cause un semblable effet dans les autres paralléles ; mais cet effet va toujours en diminuant jusques aux pôles, par deux raisons ; 1°. parce que la vîtesse du mouvement, & par conséquent la force centrifuge qui en résulte, diminue dans cette proportion ; 2°. parce que cette force, qui est directement contraire à la gravité sous l'Equateur, ne lui est qu'obliquement opposée par-tout ailleurs, comme il est aisé de le remarquer dans la figure ; car,

par exemple, à la latitude du point *F*, la pesanteur agit selon la direction *FC*, & la force centrifuge a sa tendance par *FL*. VI. LEÇON.

Il suit donc de tout ceci, que si la terre tourne sur son axe, la pesanteur n'est point égale par-tout; la matiére qui compose ce globe, pour être en équilibre avec elle-même, doit s'élever de plus en plus depuis les pôles jusqu'à l'Equateur, comme *HIKG*, d'où il résulte que le diamétre de son Equateur est plus grand que son axe *AB*. Ceci devient sensible par l'exemple qui suit.

On emplit de paille d'avoine un sac de cuir de mouton, composé de 12 fuseaux semblables aux imprimés dont on couvre les globes qui représentent le ciel ou la terre; cette espéce de sphère flexible est garnie à ses deux pôles, de deux morceaux de bois percés qui glissent sur un axe de fer quarré, dont les deux extrêmités sont arrondies comme deux pivots & par le moyen d'une poulie fixée à l'une des deux, comme il paroît par la *Fig.* 8. on imprime à ce globe un mouvement de rotation, par le

VI LEÇON.

moyen de la machine avec laquelle nous avons fait tourner le globe de verre, & que nous avons répréſentée par la *Fig.* 22. de la Leçon précédente. Ce mouvement lui fait perdre en peu de tems la figure ſphérique, pour prendre celle d'un ſphéroïde qui paroît ſenſiblement applati par les poles, & élevé à l'Equateur, plus qu'une ſphéricité parfaite ne l'exige.

MM. Hughens & Newton, ſans avoir recours à de pareilles expériences, qui auroient peu de poids dans une matiére qui exige tant de préciſion, fondés ſeulement ſur les loix de la Statique & des forces centrales, avoient reconnu que la terre devoit être un ſphéroïde applati vers les poles; ils avoient même pouſſé leurs calculs juſqu'à déterminer, de combien le diamétre de l'Equateur excédoit l'axe en longueur. Mais comme cette déciſion tenoit à des hypothèſes qui y laiſſoient encore de l'incertitude, le travail de ces deux grands hommes n'eut preſque pas d'autre ſuccès, que de fixer l'attention des Sçavans ſur cette queſtion, & d'en faire ſentir l'importance.

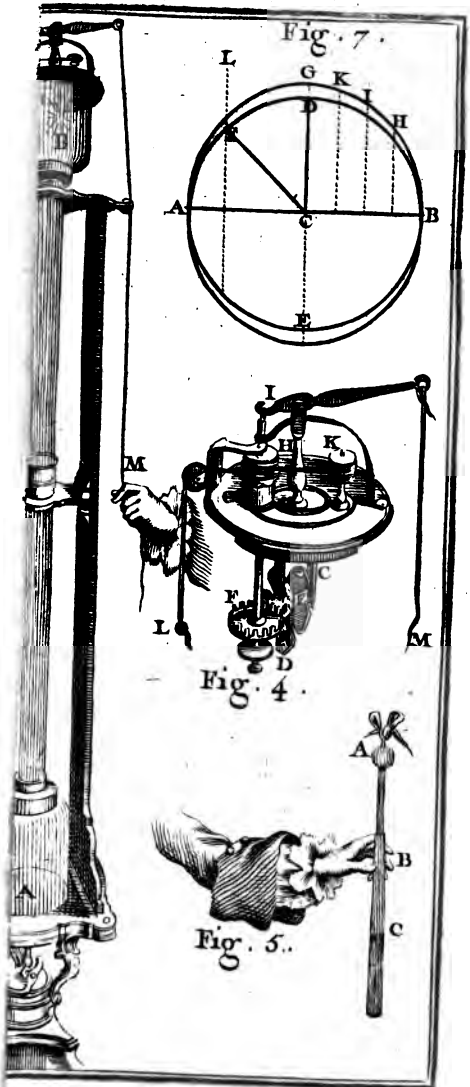


Fig. 7.
L
G
K
I
D
H
E
A
C
B
F
I
H
K
M
C
F
L
D
M
Fig. 4.
A
B
C
Fig. 5.

VI. LEÇON.

MM. Hughens & Newton avoient attribuée à la terre, & que les réſultats des meſures priſes au Pérou par MM. Bouguer, la Condamine & Godin s'accordent auſſi à faire du globe terreſtre un ellipſoïde dont l'axe eſt plus court que le diamétre de ſon Equateur. *Voyez ſur cela l'Ouvrage de M. Bouguer.* (a)

UNE autre queſtion qui ſe préſente maintenant c'eſt de ſçavoir ſi le poids d'un corps varie ſelon les différens états qu'il peut prendre; ſi le mouvement, le repos, le froid, le chaud, la ſolidité, la fluidité, &c. peuvent le rendre plus ou moins peſant dans le même lieu?

On peut répondre en général que le poids ou la peſanteur abſolue d'un corps ne varie point, tant que ſa quantité de matiére eſt la même: une livre de plomb péſe toujours intrinſéquement une livre, ſoitqu'on la tienne fondue ou ſolide, plus ou moins chaude, qu'elle ſe meuve ou non; car lorſqu'elle a paſſé par tous ces états,

(a) La figure de la Terre déterminée par les obſervations faites au Pérou; &c. *in*-4. Chez *Jombert*. 1749.

si elle n'a rien perdu de sa quantité de matiére, on y retrouve constamment le même poids. VI. LEÇON.

Mais si l'on considère la pesanteur comme la vîtesse actuelle avec laquelle le corps grave se porte de haut-en-bas, il s'en faut bien qu'elle soit la même au commencement ou à la fin de la chûte. Quelle que puisse être la cause de la gravité, il faut concevoir cette force comme si elle étoit placée dans le mobile même, sur lequel elle agit : à peu près comme le feu qui éléve une fusée par l'inflammation successive des parties qu'elle contient ; de maniére qu'elle agit sur un corps, pendant qu'il tombe, autant & de même à chaque instant, que s'il étoit arrêté ; ainsi toutes choses égales d'ailleurs, une balle de plomb qui a cédé à sa pesanteur pendant l'espace d'une seconde, a une vîtesse actuelle plus grande, que celle qui ne seroit tombée que pendant une demi-seconde. Rendons ceci sensible par une expérience.

VI. LEÇON.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AB, *Fig.* 9 eſt une caiſſe plus longue que large, ouverte par deſſus, & dans lequel gliſſe un tiroir rempli de terre molle *AD*, & *BC*, ſont deux colonnes cylindriques de 3 pieds & $\frac{1}{2}$ de hauteur, diviſées en pouces, & ſur leſquelles on fait gliſſer une traverſe mobile *EF*, qui s'arrête avec des vis, à telle hauteur que l'on ſouhaite. Au milieu de cette traverſe eſt un trou, dans lequel on retient une boule d'ivoire d'un pouce de diamétre, par le moyen d'une pince à reſſort *G*; la boule *H*, ſemblable à la précédente, eſt ſuſpendue par un fil à la moitié de la diſtance entre la cuvette & la traverſe mobile: & le fil de ſuſpenſion eſt arrêté de maniére que, quand on lâche la boule *G*, l'autre commence à tomber en même tems.

EFFETS.

Les deux boules ayant commencé à tomber en même tems, n'ache-

vent leur chûte que l'une après l'autre, & la boule *H*, qui arrive la premiére sur la terre molle, y fait un enfoncement, qui est beaucoup moindre que celui de la boule *G* qui arrive après,

EXPLICATIONS.

L'enfoncement que chaque boule fait dans la terre molle, est le produit de son effort; cet effet exprime la force actuelle du mobile à la fin de sa chûte; cette force ne peut venir que de sa masse & de son dégré de vîtesse: mais les masses sont égales, si les forces sont différentes, c'est donc que la boule *G*, en achevant de tomber, avoit plus de vîtesse que la boule *H*.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le tiroir de la machine que nous venons de décrire ci-dessus, ayant été tiré un peu en avant, afin qu'une nouvelle boule puisse tomber sur un endroit où la terre molle n'ait point été enfoncée; on arrête la traverse

VI. LEÇON.

mobile à un pied d'élévation au-dessus de la caisse pour faire tomber une boule de cuivre qui pése 3 onces ; ensuite on éléve la traverse à trois pieds ; pour faire tomber sur une nouvelle place, une autre boule de cuivre creuse, de même diamétre que la premiére & qui ne pése qu'une once.

EFFETS.

En comparant les deux enfoncemens, on les trouve parfaitement égaux.

EXPLICATIONS.

Ce que l'expérience précédente n'a fait qu'indiquer en général, celle-ci le démontre avec plus de précision ; car non-seulement elle fait connoître que la vîtesse des corps qui tombent librement, s'augmente par une chûte plus longue, mais elle nous donne la mesure de cet accroissement en faisant connoître qu'il est proportionnel à la hauteur : c'est ce qui devient évident, quand on fait attention qu'une once de masse a produit le même effet que 3 onces, parce

que

que la hauteur de ſa chûte a été 3 fois plus grande.

APPLICATIONS.

Il n'y a pas de payſan qui ne ſçache, que la chûte d'une pierre eſt d'autant plus à craindre qu'elle vient de plus haut, & que les corps fragiles courent plus de riſque de ſe rompre en pareil cas. Ces faits ſont trop connus pour mériter qu'on s'y arrête. Nous remarquerons ſeulement, que comme dans notre expérience une plus grande maſſe, venant d'une moindre hauteur, a produit le même effort qu'une moindre maſſe qui venoit de plus haut; on peut choiſir entre ces deux moyens, lorſqu'il s'agit d'emprunter la puiſſance d'un mobile qui doit agir par ſa chûte; car il eſt ſouvent avantageux de pouvoir ſubſtituer du poids à une grande élévation.

Il n'eſt pas douteux, par exemple, que des marteaux employés à force de bras avec une vîteſſe ſuffiſante, ne vinſſent à bout d'enfoncer des pilotis, de forger des ancres, de battre le fer des mines dans les forges où on les prépare en grand, &c. mais il en

VI. LEÇON.

coûte bien moins de dépense en faisant tomber d'une hauteur médiocre des masses très-pesantes, dont le mouvement est animé & réglé le plus souvent par la force de l'eau, ou par celle du vent.

Nous venons de voir en général que la chûte des corps s'accélère dans tous les instants : voyons maintenant par des expériences quelle est la progression de cet accroissement de vîtesse.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AB & *CD*, *Fig.* 10. sont deux cordes de métal ou de boyaux, d'environ 28 pieds de longueur, fortement & parallélement tendues à quelques pouces de distance l'une de l'autre, & faisant avec l'horizon un angle d'environ 18 dégrés. *G* est un mobile qui glisse fort librement par le moyen de deux petits rouleaux sur la corde *AB*, & son centre de pesanteur est plus bas que la corde, afin que la pointe qui est à sa partie supérieure garde toujours la même

situation ; *H* eſt un pendule un peu peſant qui ſe meut ſur deux pivots *A*, *a*, & dont la verge excéde un peu vers *f*. La longueur du pendule doit être telle qu'il faſſe juſtement une vibration, pendant que le mobile *G* parcourt la neuviéme partie de la corde *AB* : pour s'en aſſûrer, il faut avoir une petite régle de bois, qui ſerve à meſurer la corde en neuf parties égales ; & placer vis-à-vis la premiére de ces parties, & ſur la corde *CD* un petit timbre *K*, dont le portant gliſſe & s'arrête avec une vis, à telle diſtance que l'on veut. Il doit auſſi avoir un petit marteau, que le mobile *G* détende en paſſant. D'une autre part le pendule *H* fait ſonner de même un autre timbre *I* dont le ton eſt différent ; & la queue de la verge qui excéde en *f*, fait lâcher en paſſant un petit fil de ſoie qui retient le mobile *G* ; de ſorte que quand tout eſt bien ajuſté, le mobile *G* ne part que quand le pendule fait ſonner ſon timbre *I* pour la premiére fois ; & l'autre timbre *K* ne ſonne ſon premier coup, que quand le pendule fait entendre le ſecond coup du ſien : ainſi entre le

VI. LEÇON.

premier & le ſecond coup du timbre, il s'écoule un tems dont on a la meſure, & pareillement pendant ce tems le mobile parcourt un eſpace connu. On recule enſuite le timbre *K* juſqu'à ce que l'eſpace parcouru par le mobile *G* ſoit fixé par le deuxiéme tems, c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que le troiſiéme coup du timbre *I* s'accorde avec celui du timbre *K* que l'on a reculé, & ainſi de ſuite. Et en meſurant les eſpaces parcourus, on les compare avec le tems.

EFFETS.

Pendant la premiére vibration du pendule, le mobile *G* parcourt la neuviéme partie de la corde; s'il continue de ſe mouvoir de ſuite pendant le ſecond tems, il parcourt trois fois autant d'eſpace, & dans le troiſiéme, cinq fois, de ſorte que ſa vîteſſe eſt accélérée, puiſque dans des tems égaux il meſure des eſpaces qui vont en augmentant, & le progrès de cette accélération ſuit les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c. ce qui fait dire que les eſpaces parcourus, à commencer du premier inſtant de la chû-

te, répondent au quarré des tems : car à la fin du second tems on trouve pour le nombre des espaces, 4 qui est le quarré de 2 ; & à la fin du troisiéme, 9 qui est le quarré de 3.

EXPLICATIONS.

Si la pesanteur étoit une force externe une fois imprimée extérieurement, c'est-à-dire, que son action sur le mobile qu'elle anime, fût semblable à un coup de marteau qui produit dans le premier choc tout ce qu'il peut faire ; la vîtesse du corps grave seroit toujours égale & uniforme (abstraction faite des obstacles étrangers.) Car pourquoi changeroit-elle, si rien ne la diminuoit, & si la puissance qui l'a fait naître, ne continuoit d'agir ? Mais la pesanteur, comme nous l'avons déja dit, est une force qui suit le mobile, & qui répéte sur lui ses impulsions à chaque instant. La vîtesse d'un corps qui tombe, n'est donc pas seulement celle qu'il avoit en commençant à descendre, mais la somme de celles qu'il a acquises, pendant tout le tems de sa chûte.

Quand le mobile G de notre expé-

VI. LEÇON.

rience parcourt l'espace *A* 1, c'est la pesanteur qui le fait descendre; par conséquent si l'on subdivise le tems qu'il emploie pour faire ce chemin, on doit concevoir qu'à chaque instant il a reçu une nouvelle vîtesse, & que quand il est arrivé au chiffre 1, sa vîtesse actuelle est plus grande que lorsqu'il est parti du point *A*.

Pour sçavoir précisément ce que vaut cette augmentation, supposons que la ligne *A B*, *Figure* 11. représente ce premier tems divisé en 6 instans égaux; & exprimons les petits espaces parcourus pendant ces instans, par autant de lignes perpendiculaires à *A B*. Si dans le premier instant, la pesanteur fait parcourir au mobile un espace égal à *c c*, celui qu'il parcourra pendant l'instant suivant *d d*, sera double, parce que l'impulsion du second instant, se joignant à celle du premier qui subsiste toujours, doublera la vîtesse, & ainsi de suite, l'inspection seule de la figure suffit, pour faire comprendre, que les vîtesses acquises sont comme le nombre des instans.

Imaginons maintenant qu'au com-

mencement du second tems exprimé par *B C* égale à *A B*, la pésanteur cesse d'agir sur le mobile, il continuera de descendre sans accélération, en parcourant autant d'espaces semblables à *B D* qu'il y a dans *B C* de parties égales à celles du premier tems *A B*. Mais la somme de ces lignes est double de celles du premier tems, comme il est facile de le voir en partageant le quarré *B D C E* en deux triangles ; il est donc démontré, que le mobile, en vertu des vîtesses acquises pendant le premier tems, est en état de parcourir un espace double de celui qu'il a parcouru. Ainsi qnand le mobile G de notre expérience est parvenu à la fin du premier espace, quand bien même il n'acquerroit plus de nouvelles vîtesses, pendant la seconde vibration du pendule, il s'avanceroit jusqu'au chiffre 3.

VI. Leçon.

Mais si la pesanteur continue d'agir elle doit produire pendant le second tems autant d'effet qne pendant le premier. Si l'on ajoute donc sur le côté *DE* qui représente un tems égal à *A B*, des lignes dont le nombre &

VI. Leçon.

la longueur soient semblables aux premiéres *e c*, *d d*, &c. on aura, pour les espaces parcourus dans le second tems, les trois triangles *BCD*, *CDE*, & *DEF*, dont la somme égale trois fois *A B D*.

De même quand le mobile *G* part du point 1, il est en état de parcourir dans le second tems deux espaces, en vertu des vîtesses acquises pendant le premier tems, & un troisiéme, en conséquence de la nouvelle impulsion qu'il reçoit à chaque tems, & de cette maniére il parvient au chiffre 4.

La même chose se passe pour tous les autres tems; & pour peu qu'on y fasse attention, on voit que le quatriéme, neuviéme, seiziéme espaces parcourus, répondent au deuxiéme, troisiéme quatriéme tems, & que les quantités qui appartiennent à chaque tems, prises séparément, sont entr'elles comme les chiffres 1, 3, 5, 7, &c.

Il suit de-là qu'un corps qui est tombé d'une certaine hauteur, se trouve avoir à la fin de sa chûte, un dégré de vîtesse; tel qui lui faudroit pour

pour remonter auſſi haut, ſi quelque cauſe changeoit ſa direction. Et s'il remonte en effet avec ſa vîteſſe acquiſe, ſon mouvement eſt retardé en montant, comme il a été accéléré en deſcendant. VI. LEÇON.

Car ſuppoſons, par exemple, que le corps *A*, *Fig.* 12. ſoit arrivé en *B* par une vîteſſe accélérée, c'eſt-à-dire, en parcourant dans le premier tems l'eſpace 1, & dans le ſecond, l'eſpace 2, trois fois plus grand; s'il remontoit en vertu de la vîteſſe actuelle qu'il a, & que la peſanteur ceſſât d'agir ſur lui, il remonteroit dans le premier tems de *B* en *A*.

Mais ſi la peſanteur vient à retarder ce mouvement, elle agira ſur le mobile qui monte, comme ſur celui qui deſcend; elle lui donnera de haut en-bas, une tendance capable de le faire deſcendre de la quatriéme partie de *AB*. Ainſi au lieu de remonter juſqu'en *A*, il n'arrivera que en *C*; & dans le tems ſuivant, la même tendance qu'elle continue de lui donner, étant trois fois plus grande, il ne fera, en montant, que la troiſiéme partie de ce qu'il a fait dans le premier

VI. LEÇON.

tems ; il arrivera donc en *A* en deux tems : & les espaces qu'il parcourra seront 3 & 1. D'où l'on voit que la vîtesse d'un corps qui remonte, est retardée par la pesanteur selon la progression des nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c.

APPLICATIONS.

Ce que nous venons d'enseigner par l'expérience précédente, touchant l'accélération des corps graves, & touchant les loix de cette accélération, se trouve exactement vrai dans la spéculation : dans la pratique même, les différences ne sont point sensibles, quand on n'examine que des chûtes peu considérables, telles que celles que nous avons employées. Mais si l'on applique cette théorie aux effets naturels, lorsqu'il s'agit de grandes hauteurs, elle n'a pas lieu dans toute son étendue à cause de la résistance des milieux ou des autres obstacles qui peuvent retarder la vîtesse des corps qui tombent. Nous en avons déja donné des preuves par la seconde expérience, & nous en avons cité

d'autres qui ont été faites en grand, tant en Italie qu'en France & en Angleterre. En 4 secondes $\frac{1}{4}$ (*a*) une boule de plomb tombe de la hauteur de 272 pieds ; * selon la loi de l'accélération que nous venons d'établir, en comptant 16 pieds (*b*) de chûte pour la premiére seconde, & sans avoir égard à aucune réſiſtance étrangère, ce mobile devroit en parcourir 289 ; c'eſt donc 17 pieds que la réſiſtance de l'air retranche en pareil cas, du produit de ſon accélération.

VI. LEÇON.

* *Tranſact. Philoſoph.* n. 562. *art.* 4.

Cette diminution ſeroit encore plus conſidérable, ſi la boule, au lieu d'être de plomb, étoit de bois, ou de quelque matiére encore plus légére.

(*a*) Dans le texte des Tranſactions on lit 4 ſecondes $\frac{1}{4}$: j'en ôte $\frac{1}{4}$ de ſeconde, parce que l'on comptoit l'inſtant de la chûte par le coup que l'on entendoit d'un lieu élevé de 272 pieds, & nous ferons voir ailleurs que le bruit ou le ſon emploie environ un $\frac{1}{4}$ de ſeconde pour faire ce trajet.

(*b*) J'ai dit ci-deſſus qu'un corps grave tombe d'environ 15 pieds pendant la premiére ſeconde de ſa chûte libre : mais l'expérience dont il s'agit ici, ayant été faite à Londres, on doit compter ſur 16 pieds ; parce que 15 pieds de France équivalent à peu-près à 16 pieds d'Angleterre.

VI. LEÇON.

Car nous avons déja fait voir que la réſiſtance du milieu retarde d'autant plus le mouvement des corps, qu'ils ont plus de volume & moins de maſſe, & l'on voit auſſi par les expériences de M. Deſaguilliers, que nous avons déja citées, qu'une boule de carton de 5 pouces de diamétre employa 6 ſecondes $\frac{1}{2}$ pour tomber d'auſſi haut que la boule de plomb : au lieu qu'une chûte de cette durée auroit dû produire 676 pieds, c'eſt-à-dire, 404 de plus qu'elle n'a fait.

La chûte des corps ne différe des autres mouvemens que par ſa direction ; la réſiſtance des milieux s'y fait donc appercevoir de même ; c'eſt-à-dire, qu'il faut avoir égard non-ſeulement au volume du mobile relativement à ſon poids, mais encore à ſon dégré de vîteſſe, & à la denſité du fluide dans lequel il fait ſa chûte. Car il faut plus de force ou de tems pour déplacer de l'eau, que de l'air en pareille quantité. Il arrive de-là que quand un corps a acquis par ſon accélération un certain dégré de vîteſſe qui le met en équilibre avec la réſiſtance actuelle du milieu, il con-

tinue de s'y mouvoir uniformément.

Les corps qui tombent arrivent plutôt ou plus tard à ce mouvement uniforme, selon la denſité des milieux qu'ils traverſent, ou ſelon qu'ils ont plus ou moins de volume avec la même maſſe. C'eſt pourquoi ſi l'on jette par une fenêtre des corps de différens poids, comme des fragmens de papier, de bois, de pierre, on peut remarquer que les premiers, après avoir accéléré dans l'eſpace de 12 ou 15 pieds, tombent enſuite d'un mouvement ſenſiblement égal; la grêle tombe plus vîte que la pluie, & la pluie plus vîte que la neige par la même raiſon. Sans ces retardemens l'eau du Ciel qui fertiliſe la terre, & dont la nature diſpoſe ſelon nos beſoins, déſoleroit continuellement nos campagnes & nos habitations; & la plus petite grêle, par l'extrême vîteſſe de ſa chûte, ſeroit un fardeau à craindre pour nos têtes. VI. LEÇON.

Ce que la réſiſtance des milieux retranche de l'accélération de la peſanteur dans les corps qui deſcendent, elle l'ajoute à ſon retardement dans les corps qui ſe meuvent de bas

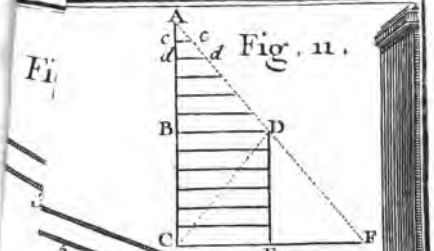
VI. LEÇON.

en haut. Ainſi le corps *B*, *Fig.* 12, qui, en vertu de ſa vîteſſe acquiſe, pourroit remonter juſqu'au point *A* d'où il eſt deſcendu, s'arrêtera plus bas à cauſe du milieu qui lui réſiſte, & qui détruit une partie de ſon mouvement. Quand on laiſſe tomber une balle d'ivoire ſur un marbre, ces deux corps fuſſent-ils d'une élaſticité parfaite, il ne faudroit pas s'attendre que la balle remontât juſqu'au lieu de ſon départ; l'expérience eſt tout-à-fait d'accord avec cette théorie.

II. SECTION.

Des Phénoménes où le mouvement eſt compoſé de la peſanteur & de quelque autre puiſſance.

SI l'on ſe rappelle ici ce que nous avons dit du mouvement compoſé, on n'aura plus que des applications à faire des principes généraux que nous avons établis; car la peſanteur eſt une puiſſance dont la direction & l'intenſité ſont connues parce que nous ve-



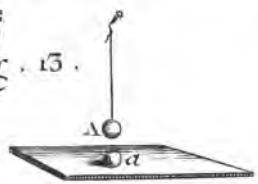


Fig. 13.

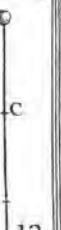
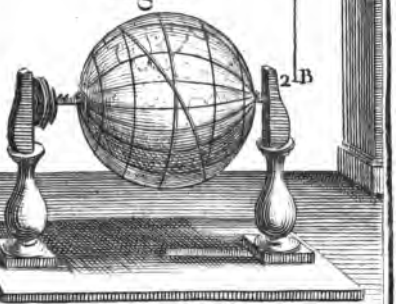


Fig. 12.

Fig. 8.



nous d'enſeigner. Si l'on connoît les autres forces qui contribuent avec elle au mouvement d'un corps, les différens effets qui peuvent en réſulter, ſeront toujours conformes aux loix du mouvement compoſé, que nous avons établies dans la Leçon précédente. Parcourons les cas les plus généraux & les plus intéreſſans. VI. LEÇON.

Quand un corps n'obéit pas pleinement à ſa peſanteur, tant pour la direction que pour l'intenſité, c'eſt qu'il eſt retenu par quelque obſtacle, ou ſollicité par quelque force qui agit directement ou indirectement contre cette premiére puiſſance.

Si l'obſtacle eſt directement oppoſé à la peſanteur, & qu'il ſoit invincible, comme le fil qui ſuſpend la boule *A*, *Fig.* 13. ou bien le plan horizontal qui l'empêche de paſſer outre; c'eſt un mobile qui ſe trouve entre deux puiſſances égales oppoſées dans la même ligne, ſçavoir, l'action de ſa gravité, & la réaction du point fixe auquel il eſt ſuſpendu, ou du plan ſur lequel il repoſe; & nous avons dit qu'en pareil cas, le mobile

VI. LEÇON.

reſte en repos. Ou bien ſi l'obſtacle peut céder à la peſanteur, c'eſt le cas de deux forces dont l'une obéit ſuivant l'avantage que l'autre a ſur elle ; le mouvement demeure ſimple, mais ſeulement retardé, comme il arrive, quand les corps graves tombent par des milieux réſiſtans.

Les corps graves à qui les obſtacles ne cédent qu'inſenſiblement comme le poids d'une horloge, d'un tournebroche, &c. ne laiſſent appercevoir aucune accélération dans leur chûte, parce que dans ces ſortes de machines le mouvement eſt modéré par des moyens qui à chaque inſtant raménent le mobile à ſa vîteſſe initiale, c'eſt-à-dire, à ce dégré de vîteſſe infiniment petit, avec lequel il commenceroit à tomber, s'il étoit libre.

Pour concevoir comment un corps peut tomber long-tems, & de ſuite, ſans accélérer ſon mouvement, qu'on ſe repréſente une boule qui tombe par un eſcalier dont les marches ſont un peu larges, & de maniére qu'en tombant de la premiére ſur la ſeconde, elle n'acquiert que la vîteſſe néceſſaire pour gagner le bord en roulant,

& pour tomber ſur la troiſiéme, & ainſi des autres ; il eſt évident qu'à la centiéme marche ſa chûte ſera ſemblable à celle qu'elle a faite à la premiére, parce que, comme on le ſuppoſe, chaque fois qu'elle a roulé horizontalement, elle a perdu la vîteſſe qu'elle avoit acquiſe par la chûte précédente. Il arrive à peu-près la même choſe, quoique moins ſenſiblement, au poids d'une pendule, quand une dent du rochet échappe aux palétes, la fuſée tourne un peu, la corde file d'autant, & le poids fait une petite chûte que les yeux n'apperçoivent pas, à cauſe de ſon peu de durée, mais qui eſt pourtant plus prompte à la fin qu'au commencement ; la réſiſtance qu'éprouve la dent ſuivante, juſqu'à ce qu'elle échappe, conſume bien-tôt cette petite augmentation de vîteſſe, & la ſeconde chûte ſe fait comme la premiére, c'eſt-à-dire, comme ſi le mobile partoit du repos. VI. LEÇON.

Si quelque choſe oblige un corps grave à deſcendre par une ligne oblique à l'horizon, ou c'eſt un obſtacle dont la réaction ſe proportionne aux

VI. LEÇON.

efforts de la pesanteur, comme un plan incliné, ou un fil qui tient le mobile suspendu ; ou bien c'est une force active qui a sa mesure déterminée, comme l'effort du bras qui jette une pierre, ou celui de la poudre enflammée qui fait partir une balle de mousquet. Examinons en détail ces deux cas dans les Articles suivans.

ARTICLE PREMIER.

De la chûte des Corps par des plans inclinés.

LE plan incliné dont il est ici question, est celui qui n'est ni vertical comme *ap*, *Fig.* 14, ni horizontal comme *p C*, mais qui comme la ligne *a C*, forme un triangle avec les deux premiéres lignes.

Le plan incliné l'est d'autant moins qu'il s'éleve davantage au-dessus du plan horizontal ; ou, ce qui revient au même, que la ligne *a p* est plus longue par rapport à *p C*. Ainsi le plan *a C*, est plus incliné que *a D*.

Quand un mobile descend par un plan incliné, c'est la même chose qu'il soit soutenu par un plan solide dont

l'inclinaiſon ſoit conſtante, ou qu'il ſoit toujours proportionnellement tiré par une puiſſance dont la direction faſſe à tous les inſtans un angle ſemblable avec celle de la peſanteur, comme *FA*, ou *fa*.

Un corps grave qui eſt obligé de deſcendre ainſi par une ligne oblique à l'horizon, doit être conſidéré comme obéiſſant à deux forces dont les directions ſont différentes, & ſon mouvement doit ſe compoſer ſelon les loix que nous avons établies dans la Leçon précédente: les effets que nous avons à examiner ici, n'en ſont que des applications & des exemples.

Suppoſons donc que *AP* repréſente la peſanteur, c'eſt-à-dire, l'eſpace que parcourroit le mobile *A* dans le premier tems de ſa chûte, s'il tomboit librement; & que *AF* ſoit une autre puiſſance qui le tire en avant & obliquement: en formant ſur ces deux premiers côtés le parallélogramme *PAFa*, comme nous l'avons enſeigné, la petite diagonale *Aa* donnera & la direction & la quantité du mouvement compoſé. Ainſi l'on voit qu'à la fin du premier tems

VI. LEÇON.

le mobile ſera en *a*, c'eſt-à-dire, beaucoup moins bas qu'il ne ſeroit, s'il n'avoit ſuivi que l'impulſion de ſa peſanteur.

Si l'on veut ſçavoir quel ſera le produit du ſecond tems, il faut repréſenter les deux puiſſances par des lignes trois fois plus longues; car la peſanteur qui auroit fait tomber le mobile par *AP* dans le premier tems, lui auroit fait parcourir *a p* trois fois plus long dans un pareil tems pris de ſuite.

Cette augmentation de puiſſances, ſi leurs directions ne changent point de rapport, donnera pour le ſecond tems la diagonale *a b*, trois fois plus longue que *A a*, & dans le même alignement: & ſi l'on continue la même opération, on aura enfin par la ſuite de ces diagonales le plan incliné *AC*.

Si l'on change la direction de la puiſſance qui fait obſtacle à la peſanteur, & qu'elle devienne comme *c a* ou *d a*, le parallélogramme change, & par conſéquent la diagonale qui exprime le mouvement compoſé. Le mobile, au lieu de deſcendre par

a b, tombera par *a g* ou *a h*, de sorte que si ce changement de direction alloit jusqu'à faire agir l'obstacle perpendiculairement au penchant de la pesanteur, comme *e a*, alors la chûte du mobile ne seroit nullement retardée, au lieu qu'elle le seroit totalement si la résistance se faisoit dans un sens directement contraire comme *i a*, ce qui n'a pas besoin d'être expliqué. VI. LEÇON.

De ces principes il suit, 1°. qu'un corps ne tombe jamais aussi vîte par un plan incliné, que par la ligne verticale, qui est sa direction naturelle. Car au lieu de parcourir *A P* dans le premier tems, on voit qu'il ne descend que de la quantité *A k*; & aucun des points *b*, *g*, *h* n'est aussi bas que *p*.

2°. Que plus le plan est incliné à l'horizon, plus la chûte est retardée: car en descendant par le plan *a C*, le mobile ne parcourt que la ligne *a b*, dans le tems qu'il parcourroit la ligne *a g*, s'il descendoit par le plan *a D* moins incliné; & si le plan étoit tout-à-fait horizontal, c'est-à-dire, directement opposé à la pesanteur, la

chûte du mobile ſeroit abſolument nulle.

VI. LEÇON.

3°. Que la peſanteur, quoique retardée, accélère la chûte des corps ſuivant les mêmes loix & les mêmes proportions, que la peſanteur qui agit ſeule & avec liberté. Car on voit que la ligne *a b*, produit du ſecond tems, eſt trois fois plus grande que *A a*, produit du premier. Cette différence eſt ſemblable à celle des lignes *A p* & *a p* qui expriment des chûtes libres.

4°. Que l'on peut comparer la viteſſe d'un mobile qui deſcend par un plan incliné, avec celle du même corps, qui tomberoit librement par la ligne verticale, ou les dégrés de viteſſe de deux corps qui parcourent des plans différemment inclinés, puiſqu'on ſçait la quantité de la chûte pour chaque inſtant pris de ſuite, comme *A a*, *a b*, ſur un plan dont on connoît l'inclinaiſon, & la différence de ces quantités ſur différens plans, comme *a b*, *a g*, en tems égaux. Ainſi en prenant pour terme de comparaiſon le tems que le mobile mettroit à tomber perpendiculairement de la hau-

teur du plan *ap*, on trouve que la durée de ſa chûte par le plan incliné, eſt plus longue de la même quantité dont le plan *aC* ou *aD*, excéde en longueur la ligne *ap*. Rendons ceci ſenſible par une expérience.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut diſpoſer les cordes de la *Figure* 10. de maniére qu'elles forment un plan incliné *AB* qui ait deux fois autant de longueur que de hauteur, & ajuſter le pendule de maniére qu'il faſſe une vibration pendant qu'une balle d'ivoire tombe de la hauteur *AP*. Si le mobile *G* part en même tems que cette balle.

EFFETS.

Il n'arrivera au bout du plan incliné qu'à la fin du ſecond tems ; c'eſt-à-dire, que la durée de ſa chûte eſt à celle de la balle d'ivoire, comme la longueur du plan incliné qu'il parcourt, eſt à ſa hauteur (*a*).

(*a*) Comme les cordes, quelque tendues qu'elles ſoient, ne forment point de plans d'une

VI. LEÇON.

Si l'on conçoit *ap*, *Fig.* 14. hauteur du plan incliné comme le diamétre d'un cercle, & que l'on prenne cette ligne pour le produit de la chûte perpendiculaire dans un tems donné, la demi-circonférence de ce cercle paſſera par l'extrémité de toutes les chûtes obliques *b*, *g*, *h*; cette méthode une fois connue, eſt plus ſimple pour ſçavoir tout d'un coup le rapport de la chûte oblique *ML*, *MN*, &c. *Fig.* 15. avec la chûte perpendiculaire *MP*. C'eſt une abbréviation de la régle que nous avons donnée d'abord, & elle ſuffit, quand on connoît l'inclinaiſon du plan.

Il ſuit de-là cette propoſition générale : *Qu'un corps emploie pour deſcendre obliquement par la corde quelconque d'un cercle, autant de tems qu'il lui en faudroit pour tomber par le diamétre entier de ce même cercle poſé verticalement.*

Cela eſt démontré pour les cordes qui partent du point *M*, *Fig.* 15. par

inclinaiſon conſtante, ſous un corps grave qui les parcourt, à cauſe de leur flexibilité, on ne doit pas s'attendre que cette expérience ſoit exacte à la rigueur.

ce

ce qui a été dit touchant *a b*, *a g*, *Fig.* 14. &c. & la même preuve vaut pour *O P*, *Q P*, & ſemblables, puiſqu'étant paralléles à *M L*, *MN*, &c. elles leur ſont égales en longueur & en inclinaiſon : une expérience rendra cette démonſtration plus facile à ſaiſir. VI. LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui eſt repréſentée par la *Figure* 16. eſt un grand cercle, dont le diamétre qui a environ 3 pieds $\frac{1}{2}$, eſt terminé par deux trous qui reçoivent ſucceſſivement une alidade *BC* creuſée en forme de gouttiére, & qui tournant ſur le point *A* & ſur le point *B* alternativement, peut meſurer toutes les cordes du cercle. Il faut avoir deux balles de cuivre ou de plomb qui aient environ 6 lignes de diamétre, dont l'une ſe place en *A*, ſous une petite pince à reſſort *D*, qui ne la laiſſe tomber que quand on tire le fil de la détente. Quand on veut diſpoſer l'autre balle, pour deſcendre par une corde qui tende au point *B*,

VI. LEÇON.

on y place le centre de l'alidade, &c l'on met la balle ſous une pince ſemblable à la premiére, retenue par une bride qui gliſſe, & qui s'arrête où l'on veut par le moyen d'une vis *E*. Cette même bride porte par derriére une eſpece de cocq qui embraſſe la circonférence du grand cercle, & qui ſert à fixer l'alidade à tel dégré d'inclinaiſon que l'on ſouhaite. Lorſqu'on veut faire deſcendre la ſeconde balle par une corde venant du point *A*, il faut y placer l'alidade, & une balle dans la gouttiére préciſément au centre du mouvement, de maniére qu'on l'apperçoive par le trou *A*. On met dans cet œil un petit cylindre de bois qui s'y meut avec liberté, & ſur lequel on poſe l'autre balle que l'on retient avec la pince à reſſort, & alors la même preſſion fixe les deux balles à cauſe de l'interpoſition du petit cylindre. Un curſeur qui gliſſe ſur l'alidade, termine la gouttiére à l'endroit où finit la corde que l'on meſure.

EFFETS.

L'alidade étant placée comme *BC*,

dès qu'on tire le fil qui tient aux deux détentes, les deux balles tombent en même tems, & se rencontrent en *B*; & cet effet ne varie point, quoique la corde du cercle devienne plus longue ou plus courte, par le changement d'inclinaison de l'alidade; de même si l'alidade est placée en *A*, les deux balles arrivent en même tems l'une en *B*, l'autre en *F*, à quelque distance que *F* soit du point *A* dans la circonférence du cercle, ce qui s'apperçoit, parce que la balle qui frappe l'obstacle qui est dans la goutiére, & celle qui touche le point *B*, ne font entendre qu'un même coup.

EXPLICATIONS.

Ce que nous avons dit ci-dessus, nous dispenseroit d'expliquer cette expérience, si l'on s'est donné la peine de suivre les démonstrations; mais si l'on se contente de sçavoir en général, pourquoi en pareil cas un mobile met autant de tems à faire un court chemin qu'un plus long) ce qui semble un paradoxe, (il faut faire attention, qu'un corps grave en tombant,

VI. LEÇON.

ne fait jamais plus de chemin que quand il descend perpendiculairement à l'horizon ; qu'il n'en fait au contraire jamais moins que lorsqu'il est sur un plan presqu'horizontal ; puisque si l'alidade étoit disposée comme *Be*, ou *Af*, la balle ne descendroit point du tout : & qu'ainsi les lignes décrites par sa chûte dans un tems fixe, doivent être d'autant plus courtes qu'elles sont plus inclinées à l'horizon, ou (ce qui est la même chose,) qu'elles s'écartent plus de la direction verticale.

APPLICATIONS.

Puisque le plan incliné est toujours plus long que le plan vertical à hauteur égale, il est aisé de voir qu'un escalier, une rampe douce, une échelle dressée obliquement, ne mènent point à une certaine élévation, par la route la plus courte. Cependant tous les jours on choisit ces moyens par préférence à ceux qui pourroient faire gagner du tems. Quand il s'agit, par exemple, d'arriver en voiture à quelque endroit fort élevé, ou de faire monter de grands

fardeaux, comme des tonneaux de vin qu'on tire d'une cave, ou des blocs de marbre que l'on mene du bateau sur le port, &c. c'est presque toujours par des plans inclinés, qui exigent plus de tems qu'une ascension plus directe. Il y a donc une raison qui détermine à employer plus de tems ou à faire plus de chemin ; car naturellement les moyens les plus prompts sont ceux que l'on aime le mieux. Oui sans doute ; si le plan incliné retarde la vîtesse des corps qui descendent, il faut moins d'effort pour arrêter leur chûte ; & quand ils sont ainsi soutenus, leur poids est toujours plus facile à vaincre, soit qu'on veuille les tenir en repos, soit qu'on se propose de les transporter de bas en haut. Quand on choisit de pareils plans pour élever les corps, ou pour rallentir leur chûte, le tems qu'on emploie de plus, est donc moins une perte, qu'un échange de la vîtesse en force ; la liberté de choisir entre l'une & l'autre est d'un grand avantage dans les méchaniques. Nous pourrions examiner ici quel rapport il y a entre la vîtesse que

VI. LEÇON.

l'on perd, & la quantité de force qu'on eſt diſpenſé d'employer ſur un mobile, quand on le fait deſcendre ou monter par un plan incliné ; mais c'eſt une queſtion qui trouvera naturellement ſa place, lorſque nous traiterons des machines qui ſervent à employer le mouvement.

Si la vîteſſe actuelle d'un corps qui deſcend par un plan incliné, eſt toujours moindre que celle du même corps qui tomberoit perpendiculairement, il eſt vrai de dire qu'à chaque point de ſa chûte oblique, la vîteſſe acquiſe eſt égale à celle qu'il auroit, s'il étoit tombé perpendiculairement d'une hauteur ſemblable : toute la différence qu'il y a, c'eſt qu'il lui faut plus de tems pour acquérir cette vîteſſe par un mouvement oblique, que par un mouvement direct à l'horizon.

Quand le mobile *A*, *Fig.* 17. eſt en *a*, il a donc la même vîteſſe qu'il auroit, s'il étoit tombé directement d'*A* en *a*, ou d'*M* en 1 ; quand il eſt en *b*, comme s'il venoit de *B*, par une ligne qui eſt égale à *M* 2 ; & à la fin de la chûte par *Aa*, *ab*, *b* 3,

la ſomme de ces vîteſſes acquiſes eſt égale à celle que lui auroit procurée une chûte verticale par *M* 3, ce qui vient de ce que la hauteur verticale de cette derniére chûte eſt égale à celle des trois premiéres priſes enſemble, & que l'accélération par le plan incliné eſt proportionnelle à celle d'une chûte verticale & libre. VI. LEÇON.

Or nous avons dit que la chûte accélérée donne au mobile une force capable de le faire remonter auſſi haut que le lieu d'où il eſt deſcendu: & comme cette accélération ſuit les mêmes loix dans la chûte oblique, comme dans la chûte perpendiculaire à l'horizon, cette propoſition que nous n'avons fait qu'énoncer, ſera prouvée, ſi nous faiſons voir, par des expériences, qu'un corps remonte autant qu'il a deſcendu, dans quelque direction que ſe faſſent ſa chûte & ſon aſcenſion. Mais afin de tout prouver en même tems, il faut dire un mot de la deſcente des corps graves par les courbes.

Nous avons déja dit ailleurs qu'une ligne courbe doit être conſidérée comme un aſſemblage de petites li-

VI. LEÇON.

gnes droites contiguës, & inclinées les unes aux autres ; on peut donc regarder auſſi le mobile qui deſcend, ou qui remonte par une courbe, comme parcourant pluſieurs petits plans inclinés entre eux ; & en appliquant ſucceſſivement à toutes ces parties diverſement inclinées, tout ce que nous avons dit d'un ſeul plan dont l'inclinaiſon ſeroit uniforme, il ſera aiſé d'appercevoir la cauſe des variations que les différentes courbures font naître, dans le mouvement des corps graves, ſoit de haut en bas, ſoit de bas en haut.

Pour bien entendre ceci, ſuppoſez que le quart de cercle *AED*, *Fig.* 18. ſoit compoſé de 4 lignes droites : le mobile en les parcourant ſera ſoutenu ſur ces plans d'autant plus inclinés, qu'il approchera plus du terme de ſa chûte *D* ; & il eſt évident, après tout ce que nous avons dit ci-deſſus, que ſi l'effet de la peſanteur étoit uniforme, il mettroit beaucoup moins de tems à parcourir la partie *AB*, que *EC*, ou *CD*, parce que cette premiére ligne s'écarte bien moins que les autres de la direction verticale,

verticale. Mais à cauſe de l'accélération, ſi le mobile ſe trouve de *C* en *E*, ſur un plan plus incliné, il a auſſi plus de vîteſſes acquiſes ; & comme cette vîteſſe actuelle du mobile au point *C*, dépend des vîteſſes particuliéres que l'inclinaiſon des autres parties lui a permis de prendre, il y a telle courbe où ces premiéres parties plus approchantes de la direction verticale, rendent le commencement de la chûte plus prompt, & la chûte entiére d'une moindre durée: telle eſt, par exemple, la ligne *EGH*, *Fig.* 19. que l'on nomme *cycloïde*, courbe fameuſe en Géométrie par le grand nombre & l'importance de ſes propriétés, & en méchanique par l'uſage que M. Hughens en fit, lorſqu'il appliqua les vibrations du pendule aux horloges.

VI. LEÇON.

Un mobile ne tombe donc pas auſſi vîte par un arc de cercle, que par un arc de cycloïde de même hauteur, *Fig.* 19. parce que le commencement de la courbure dans la premiére de ces deux lignes, s'écarte davantage de la direction verticale que dans l'autre ; & que les retardemens cauſés ſur

VI. LEÇON.

la fin par l'inclinaiſon du plan, ne ſont pas ſuffiſamment compenſés par les vîteſſes précédemment acquiſes. C'eſt par cette raiſon qu'on explique un effet qui paroît encore plus ſingulier : c'eſt que la chûte qui ſe fait par la corde qui meſure l'arc du cercle comme *H I*, quoique plus courte, eſt cependant moins prompte ; ce qui eſt contraire au préjugé où l'on eſt que le chemin le plus court eſt toujours celui qui demande le moins de tems.

Il eſt tems maintenant de prouver que les corps remontent à la même hauteur d'où ils ſont deſcendus, quelque direction qu'ils ayent eue en tombant, & par quelque eſpéce de ligne qu'on les conduiſe en remontant.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au centre du grand cercle de la machine que nous avons employée dans l'expérience précédente, on attache un pendule fait d'un fil de ſoie & d'une balle de plomb qui peut avoir 7 ou 8 lignes de diamétre, &

l'on calle le pied avec les vis, de maniére que le fil du pendule en repos ſoit paralléle à la ligne *A B*. Il faut avoir 2 aiguilles de fer qui ſe fixent perpendiculairement au plan du cercle, l'une aux points *c* & *d*, *Fig.* 20, & l'autre aux points *e*, *f*, *g*, ſucceſſivement. VI. LEÇON.

EFFETS.

Quand on laiſſe tomber le pendule librement du point *h*, s'il ne rencontre point d'obſtacle ſur la ligne *a b*, il s'éléve juſqu'en *g*; s'il rencontre une aiguille au point *c*, il remonte en *f*, & ſi l'aiguille eſt placée en *d*, il remonte en *e*; on juge aiſément de l'endroit où il s'éléve, en plaçant en *e*, *f* & *g* une aiguille de fer qu'il va toucher.

EXPLICATIONS.

La balle du pendule étant tombée de *h* en *b*, & ne rencontrant point d'obſtacle, emploie la vîteſſe qu'elle a acquiſe par ſon accélération, dans un arc de cercle, qui a le même centre que celui qu'elle vient de décrire; l'aiguille qui ſe trouve enſuite au

VI. LEÇON.

point *c* ou *d*, devient un nouveau point fixe, autour duquel elle emploie ce qu'elle a de mouvement ; & au lieu de décrire l'arc *b g*, elle remonte par *b f* ou *b e*, ſelon la longueur du rayon qui lui reſte, après la rencontre de l'aiguille ; mais quoiqu'elle remonte par des arcs fort différens, il eſt facile de voir qu'elle arrive toujours à la même hauteur, car *d*, *e*, *f*, *g* ſont dans la même ligne.

Cette expérience prouveroit trop ſi le centre de la balle s'élevoit exactement juſques dans la ligne *d g*, parce que la réſiſtance de l'air, & quelques petits frottemens inévitables, lui font perdre un peu de ſa vîteſſe ; auſſi doit-on faire attention que quand elle touche l'aiguille placée au point *e*, *f* ou *g*, il s'en faut de tout ſon demi-diamétre que ſon centre ne ſoit arrivé à cette hauteur.

APPLICATIONS.

Cette expérience nous conduit naturellement à dire quelque choſe de cette eſpéce de mouvement qu'on nomme *oſcillation*. Le fréquent uſage qu'on en fait dans les horloges, & la

liaiſon qu'il a avec la Phyſique, par les moyens qu'on emploie pour l'exécuter, exigent que nous faſſions connoître ce qu'il importe le plus d'en ſçavoir ; mais nous devons nous borner à ce qui peut être ſoumis à l'expérience, & nous renvoyons pour ce qui eſt purement Mathématique, aux ſçavans Ouvrages de Galilée, de MM. Hughens, de Mairan, &c. & aux extraits qu'on en a faits. VI. LEÇON.

On appelle *oſcillation* ou *vibration de pendule*, le mouvement d'une balle de plomb, ou de quelque autre corps équivalent, attachée par un fil, ou par une verge, à un point fixe, autour duquel elle décrit un arc, comme dans l'expérience que nous venons d'expliquer.

On diſtingue deux ſortes de pendules ; le ſimple & le compoſé.

Le pendule ſimple ſeroit celui dont le fil de ſuſpenſion n'auroit aucune peſanteur, & dont la balle ne péſeroit que par un ſeul point, comme ſi, par exemple, toute ſa gravité réſidoit au centre.

Le pendule compoſé eſt celui qui péſe par pluſieurs points de ſa lon-

VI. LEÇON.

gneur, comme si, par exemple, la même verge de suspension portoit deux boules, l'une au-dessus de l'autre. Quand il n'y auroit qu'une balle à la même verge, si cette verge a un poids considérable, ou que la boule soit grande (ce qui est le cas le plus ordinaire dans la pratique,) ce pendule alors doit être regardé comme composé, quoiqu'il soit d'usage de le nommer simple. Ce que nous allons dire d'abord touchant la théorie du pendule, doit s'entendre du plus simple, c'est-à-dire, de celui dont toute la pesanteur résideroit au point *h*, *Fig.* 20.

Ce point de gravité qui décrit les arcs, se nomme *centre d'oscillation*, & le point *a*, autour duquel il se meut, s'appelle *centre de mouvement*.

Quand la boule du pendule est amenée de *b* en *h*, & qu'on la laisse libre, sa pesanteur qui la sollicite à descendre, & le fil qui la retient toujours à égale distance du point *a*, lui font décrire l'arc *h b*; mais un corps qui descend ainsi par un, ou par plusieurs plans inclinés, acquiert la même vîtesse qu'il auroit, s'il étoit des-

cendu perpendiculairement de la hauteur *d b* du plan ; il continue donc son mouvement en remontant en *g*, c'eſt-à-dire, à une hauteur égale à celle d'où il eſt parti. Alors ayant conſumé toute ſa vîteſſe, il ne peut point paſſer outre ; il ne peut pas non plus reſter en repos, parce que ſa peſanteur exige qu'il deſcende ; & comme il eſt dans le même cas où il étoit au point *h*, il doit retourner de *g* en *b*, & de *b* en *h*, & ainſi de ſuite pour les autres vibrations : d'où l'on voit que rien n'approche plus du mouvement perpétuel qu'un pendule, puiſque ſans la réſiſtance du milieu, les oſcillations ſeroient toujours égales, la boule ayant toujours en *b* des vîteſſes ſuffiſantes pour remonter à la hauteur, dont il faut qu'elle deſcende pour en reprendre de pareilles. VI. LEÇON.

Ceci ſe prouve fort bien avec la machine que nous avons décrite dans la *Fig.* 17. de la quatriéme Leçon, en employant un fil très-fin & une balle de plomb de 7 ou 8 lignes de diamétre ; car en s'y prenant ainſi, on réduit la réſiſtance de l'air à très-peu

VI. LEÇON.

de chose, & toutes les vibrations se partagent en deux arcs sensiblement égaux, à l'endroit le plus bas de la chûte.

Nous avons fait voir précédemment, que le tems de la chûte par la corde d'un cercle, est égal à la durée de celle qui se fait par le diametre du même cercle posé verticalement : nous avons remarqué aussi qu'un mobile qui descend par un arc de cercle, acheve sa chûte plutôt que s'il tomboit par la corde de cet arc ; parce que, quoique cette ligne droite soit plus courte que la courbe correspondante, celle-ci beaucoup moins inclinée qu'elle à l'horizon dans sa partie la plus élevée, procure au mobile, une vîtesse initiale, & de-là une accélération, qui fait plus que compenser l'excès de cette étendue. Mais comme la chûte par la corde est plus prompte quand le diamétre du cercle auquel elle répond est moins grand, parce que cette corde elle-même est plus courte à pareils degrés d'inclinaison ; de même aussi la chûte par l'arc doit durer moins quand cet arc fait partie d'une

plus petite circonférence ; car s'il eſt ſemblable à celui d'un plus grand cercle par le nombre de ſes dégrés, il a moins d'étendue que lui, comme on le peut voir, en comparant *b c* à *D H*, *Fig.* 19. & s'il a la même étendue, alors ſa partie ſupérieure *ab*, eſt moins inclinée à l'horizon ; par l'une ou par l'autre de ces deux raiſons, le mobile qui le parcourt doit achever la chûte en moins de tems. La derniére de ces deux cauſes ſurtout a tant de force, & contribue tellement à accélérer la chûte du mobile, que dans la même circonférence de cercle, les plus grandes vibrations ne durent preſque pas davantage que les plus petites.

En voilà aſſez pour faire ſentir qu'il y a une certaine proportion entre la durée d'une demi-vibration (je veux dire la chûte de *D* en *H*,) & la longueur du pendule ou du rayon qui conduit le mobile dans cet arc. Et en effet, la longueur du pendule étant donnée, on ſçait combien doit durer ſa demi-vibration, & ſa vibration entiére ; car lorſque le mobile *b* eſt à la fin de ſa chûte au point 3. *Fig.*

VI. LEÇON.

17. la vîteſſe acquiſe le fait remonter en *c*, dans un tems égal à celui qu'il a employé pour deſcendre; ainſi la vibration totale ſe fait en deux tems parfaitement égaux; & c'eſt connoître le tout que d'en connoître la moitié.

Cette proportion eſt telle que ſi l'on fait tomber un corps grave verticalement d'une hauteur qui égale deux fois la longueur du pendule, & que celui-ci décrive un petit arc de cercle, la durée de la demi-vibration eſt à celle de la chûte verticale, comme le quart de la circonférence d'un cercle eſt à ſon diamétre, c'eſt-à-dire, un peu moindre, & dans le rapport de 11 à 14 à peu-près.

Et ſi de deux pendules, l'un doit faire des vibrations qui durent 2 fois, 3 fois, ou 4 fois plus que celles de l'autre, il faut que ſa longueur ſoit pour cet effet 4, 9, ou 16 fois plus grande que la ſienne; ainſi l'on doit dire que les longueurs des pendules ſont comme les quarrés des tems qu'ils meſurent, car 16 eſt le quarré de 4, 9 celui de 3, & 4 celui de 2.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On ôte l'alidade de la machine que nous avons repréſentée par la *Figure 16.* & l'on y laiſſe le pendule comme dans l'expérience précédente ; on retient la balle à une petite hauteur, comme au point *G*, par le moyen d'une pince à reſſort qui ſe fixe à la circonférence du cercle ; on retient de même une autre balle ſemblable en *A*, & l'on ajuſte les détentes de façon qu'en tirant le fil, on faſſe ouvrir en même tems les deux pinces.

La fléche *D* qui eſt tronquée dans la figure, doit être aſſez longue pour y meſurer trois longueurs égales *aAB*, au-deſſus du point *A*, pour y placer la pince & la balle.

EFFETS.

1°. Quand on fait ouvrir les deux pinces, la balle *A*, & celle du pendule *G* partent en même tems, & celle-ci paſſe au point *B* un peu avant l'autre.

2°. Si l'on tranſporte la pince & la

VI. LEÇON.

balle au bout de la fléche, de maniére qu'elle ſoit 4 fois auſſi élevée que le diamétre *A B*; en répétant ainſi l'expérience, la vibration entiére s'achéve ſenſiblement plutôt que la chûte verticale de la balle *A*; ce qui s'obſerve aiſément, en faiſant frapper le pendule contre quelque obſtacle ſonore que l'on met au terme de la vibration.

3°. Si l'on fait oſciller deux pendules de même longueur, comme *G, M*, & que leurs arcs ſoient égaux; s'ils partent en même tems, ils ſe rencontrent toujours enſemble vis-à-vis de *B*.

4°. Si les arcs qu'ils décrivent ſont inégaux, après un certain nombre de vibrations, celui qui a parcouru les plus petits, précéde l'autre.

5°. Enfin, ſi les pendules ſont de différentes longueurs, quand bien même ils partiroient enſemble, le plus court fait des vibrations qui durent moins que celles de l'autre; & ſi le rapport des longueurs eſt comme 1 à 4, le plus long ne fait qu'une vibration contre deux.

Fig. 17.

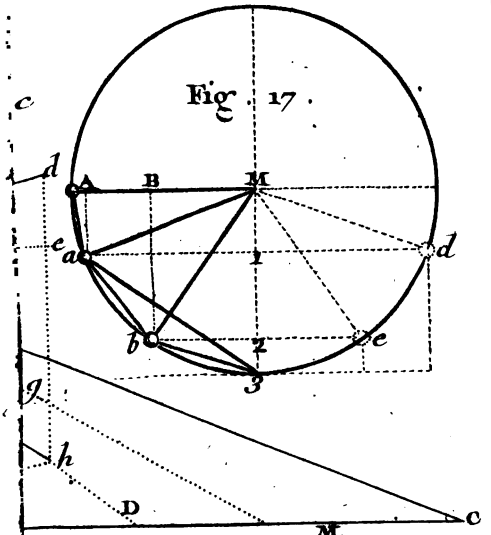
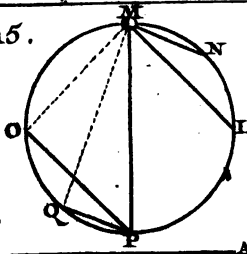


Fig. 15.



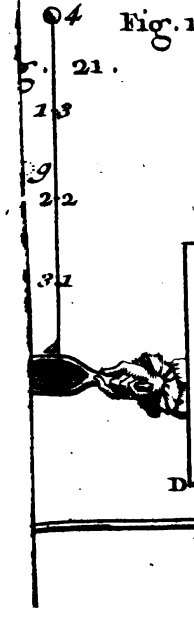
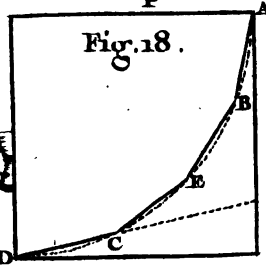


Fig. 18.



EXPLICATIONS.

VI. LEÇON.

Ces expériences, & les moyens qu'on emploie pour les exécuter, ſont expliqués par tout ce que nous avons dit ci-deſſus ; & les réſultats dont il eſt aiſé de faire l'application, prouvent évidemment les principes que nous avons établis en dernier lieu.

Le premier, par exemple, fait voir, contre l'opinion de pluſieurs Auteurs, que la chûte, par un petit arc de cercle, dure moins de tems que la deſcente par la corde correſpondante, car on voit qu'elle dure moins que par le diamétre ; & nous avons montré précédemment, que par le diamétre, ou par la corde quelconque, le tems de la chûte eſt égal.

Le ſecond réſultat confirme encore cette doctrine, & fait voir que le premier effet n'eſt point un accident qu'on doive au hazard : car ſi la demi-vibration duroit autant qu'une chûte verticale par le diamétre ; pendant une vibration entiére, il faudroit que le mobile pût tomber d'une hauteur, égale à 4 fois ce même diamé-

VI. LEÇON.

tre ; puiſqu'une vibration ſe fait en deux tems égaux; & que l'effet de la peſanteur eſt toujours trois fois auſſi grand dans le ſecond tems que dans le premier : cependant lorſqu'on fait tomber la balle d'une hauteur quadruple de la premiére, la différence entre le tems de ſa chûte, & la durée de la vibration, eſt encore plus grande & plus ſenſible: il eſt donc important, même dans la pratique, de ne point confondre, pour la durée, la chûte par la corde avec celle qui ſe fait par un petit arc, puiſque celle-ci dure notablement moins que la deſcente par le diamétre, qui ſe fait, comme on ſçait, en même tems que par la corde.

Il ſeroit à ſouhaiter qu'on pût repréſenter aux yeux, par ces mêmes expériences, le véritable rapport qu'il y a entre la durée de la chûte verticale par la longueur ſimple ou doublée du pendule, & le tems de la demi-vibration ; mais le procédé méchanique n'eſt guère ſuſceptible de cette préciſion, & nos ſens auroient peine à la ſaiſir ; je ne diſſimulerai pas même, que dans tout ce qui re-

garde le mouvement des corps en général, plusieurs des expériences qu'on emploie sont moins des preuves qui assurent la théorie, que des représentations qui en facilitent l'intelligence & qui ne doivent être ni utiles ni agréables à ceux qui sont assez initiés dans les Mathématiques, pour s'éclairer tout d'un coup par la démonstration.

APPLICATIONS.

On sçait de quelle importance est la mesure du tems, non-seulement dans la vie civile, pour mettre de l'ordre dans nos actions & régler les devoirs de la société ; mais encore dans la plûpart des Sciences, surtout dans l'Astronomie & dans la Physique, où la durée des effets est assez souvent le principal objet de notre étude, & le moyen le plus propre à nous donner une juste idée de la cause. Le pendule, comme il paroît par ce que nous venons de prouver, est un instrument qui peut mieux que tous ceux qui sont connus d'ailleurs, mesurer des parties de tems fort égales entr'elles, & nous en faire

VI. LEÇON.

connoître la quantité par la durée & par le nombre de ſes oſcillations : on ne peut trop applaudir à ceux qui en ont fait la découverte, ou d'heureuſes applications.

Galilée n'eut pas plutôt trouvé les propriétés du pendule, qu'il ſentit l'avantage qu'on en pourroit tirer : l'uſage qu'il en fit lui-même pour régler ſes obſervations & ſes expériences, lui valut une exactitude & une préciſion, qu'il auroit eu bien de la peine à ſe procurer autrement, & le dédommagea en quelque ſorte du travail pénible que cette invention avoit pu lui coûter.

Mais le pendule, tel qu'il l'employoit, ne pouvoit meſurer qu'une quantité de tems peu conſidérable, parce que la réſiſtance de l'air diminuoit peu à peu l'étendue des oſcillations, & les faiſoit enfin ceſſer, ſi quelqu'un n'avoit ſoin de ranimer le mouvement. De plus il falloit avoir l'attention de les compter l'une après l'autre, pour en avoir la ſomme : & cette ſujetion rendoit cette nouvelle meſure du tems impraticable en bien des occaſions, de ſorte que le pendule

dule n'étoit encore qu'un inſtrument de Philoſophe, dont ne pouvoit profiter le commun des hommes, qui préfère toujours la facilité à l'exactitude, quand l'une & l'autre ne vont point enſemble.

VI. LEÇON.

M. Hughens, en 1657, fit une application du pendule, dont tout le monde peut profiter; il le joignit aux horloges pour régler leur mouvement, & cette ingénieuſe addition a eu tant de ſuccès, & a été ſi généralement reçue, que les horloges de chambre en ont pris le nom de *pendules.*

Pour être en état d'entendre comment un pendule rend une horlorge plus exacte, il faut ſçavoir que ces ſortes d'inſtrumens ſont animés par un reſſort, ou par un poids qui met en mouvement un certain nombte de roues, par le moyen deſquelles les aiguilles parcourent les diviſions du cadran: ſi ce mouvement n'étoit point retenu par un modérateur, il ſeroit trop précipité, & l'aiguille qui marque les heures, ne pourroit jamais aller aſſez lentement, pour ne faire que deux tours en 24 heures.

VI. LEÇON.

Mais si le modérateur est sujet à des inégalités, soit qu'il les cause lui-même, soit qu'il se laisse maîtriser par celles du rouage, ou du moteur qui l'anime, le mouvement sera inégalement modéré, & l'aiguille ne mesurera pas en tems égaux des parties égales du cadran, il y aura des heures qui paroîtront plus longues ou plus courtes qu'elles ne doivent être.

C'est à ce modérateur imparfait jusqu'alors, que l'on a substitué le pendule, & voici comment.

Comme toutes les roues s'engrennent réciproquement, & qu'elles ne peuvent ni se mouvoir, ni s'arrêter l'une sans l'autre, si l'une de ces roues va réguliérement, le mouvement commun de toutes les autres sera régulier. Une d'entr'elles qu'on nomme *rochet*, ou *roue de rencontre*, ne peut tourner que quand une certaine piéce, qui porte deux palettes, ou quelque chose d'équivalent, se léve pour laisser passer une de ses dents. Si du passage d'une dent à l'autre il se passe toujours des tems égaux, & que la roue soit exactement divisée, il est évident que le mouvement de

cette roue, & celui de toutes les autres auſquelles elle communique, ſera parfaitement uniforme. C'eſt donc à cette piéce d'*échappement* qu'on a adapté le pendule, afin que ſes vibrations, dont la durée eſt toujours égale, rectifiaſſent les petites irrégularités qui peuvent venir du rouage, ou de la force motrice. VI. LEÇON.

Nous avons dit que les oſcillations qui ſe font par les arcs du même cercle, ne ſont point d'une durée parfaitement égale, quand ces arcs ſont plus grands les uns que les autres: quoique cette différence ſoit fort petite, & qu'on puiſſe la négliger, quand il ne s'agit que d'un tems peu conſidérable; cependant après un grand nombre d'oſcillations, ces petites quantités multipliées feroient une ſomme ſenſible, & cette ſource d'erreur n'a point échappé à M. Hughens. Il prévit bien qu'avec le tems le rouage d'une horloge ſe faliroit, que les huiles s'épaiſſiroient, que les frottemens pourroient s'augmenter, en un mot que le mouvement pourroit ſe rallentir, & que le pendule réglé d'abord pour faire des oſcillations d'u-

VI. LEÇON.

ne certaine grandeur, les feroit plus courtes dans la ſuite. C'eſt ce qui le porta à chercher une courbe d'oſcillation, dans laquelle il fût abſolument indifférent que le pendule meſurât de grands ou de petits arcs. Le ſuccès de ſes recherches, auſquelles pluſieurs Sçavans prirent part, fut auſſi heureux que leur objet étoit curieux & intéreſſant pour la Géométrie; il trouva que la cycloïde avoit la propriété qu'il cherchoit, & il la ſubſtitua au cercle, en mettant au centre du mouvement du pendule une portion de cette courbe, autour de laquelle le fil qui ſuſpendoit la verge pouvoit s'envelopper. Mais, comme nous l'avons fait voir par la *Fig.* 19, le cercle & la cycloïde ſe confondent en la partie inférieure; les oſcillations ſe font auſſi exactement dans le cercle, ſi elles ont peu d'étendue; & c'eſt le parti que l'on a pris depuis dans l'Horlogerie, pour éviter une certaine flexibilité qu'il falloit donner à la verge en ſa partie ſupérieure, pour obéir à la portion de cycloïde qui devoit déterminer la nature de ſon mouvement.

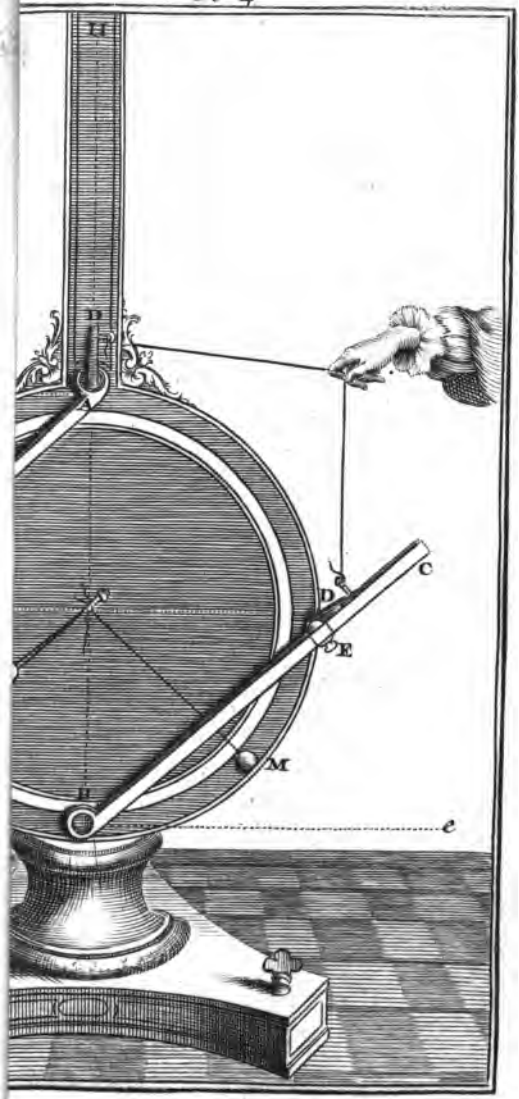
Mais ſi la Géométrie a fourni des moyens pour rendre les vibrations toujours égales en durée, par la nature ou par la quantité de la courbe dans laquelle elles ſe font, des cauſes phyſiques les dérangent ſouvent, par les changemens qu'elles apportent à la longueur du pendule. VI. LEÇON

Comme il faut que le pendule maîtriſe la piéce principale qui ſert à l'échappement, on ne peut pas ſuſpendre la boule, ou la lentille qui fait les vibrations, avec un fil mince & flexible; on ſe ſert ordinairement d'une verge d'acier, qui a environ une demi-ligne d'épaiſſeur, & 3 ou 4 lignes de large. Ces deux dimenſions, & ſa longueur ſur-tout, ne ſont conſtantes que dans une température parfaitement égale; car du plus grand froid au plus grand chaud, un tel pendule devient ſenſiblement plus ou moins long, par la dilatation ou par la condenſation du métal, comme nous le ferons voir en parlant des effets du feu. Les oſcillations, par cette ſeule cauſe, ſeront donc plus lentes en Eté qu'en Hyver; la même horloge avancera & retardera ſuivant les

différentes saisons ou les différens états de l'air dans lequel elle est.

VI. Leçon.

Le soupçon d'un pareil effet suspendit le jugement des Physiciens, sur l'observation de M. Richer à la Cayenne ; plusieurs crurent que le retardement du pendule qu'il attribuoit à la pesanteur plus diminuée par la force centrifuge vers l'Equateur, qu'en France, n'étoit qu'un effet de la chaleur du climat qui avoit allongé le pendule. Mais les expériences qui ont été faites depuis avec beaucoup de soin par plusieurs personnes fort intelligentes, & sur-tout par les Académiciens qui étoient allés par ordre du Roi tant au Cercle polaire qu'à l'Equateur, pour les mesures qui devoient constater la figure de la terre ; ces expériences, dis-je, font connoître évidemment que ce n'est point la température du climat, mais sa position, qui a obligé M Richer à raccourcir son pendule, parce que l'état de l'air à la Cayenne n'est point assez différent de la température que nous avons à Paris, eu égard à la correction qu'on est obligé de faire au pendule. Car, selon M. de


H
D
C
D
E
M
H
e

VI. LEÇON.

Mairan* dont on connoît la ſagacité & l'exactitude, le pendule le plus ſimple qu'on puiſſe exécuter, c'eſt-à-dire, une boule de métal d'un pouce de diamétre ſuſpendue par un fil de pite, doit avoir, pour battre les ſecondes à Paris, 3 pieds 8 lignes & $\frac{17}{30}$ de ligne, à compter du centre d'oſcillation juſqu'à celui du mouvement; & par toutes les expériences qui ont été faites en différens tems, & par diverſes perſonnes, il réſulte conſtamment, qu'un tel pendule ſeroit de plus de deux lignes trop long pour battre les ſecondes dans les climats voiſins de l'Equateur; différence trop grande pour pouvoir être attribuée à la température du lieu; car l'expérience * fait voir qu'une chaleur égale à celle de l'eau bouillante, n'allonge que d'un tiers de ligne une verge de fer de 3 pieds 8 lignes $\frac{1}{2}$, telle qu'on l'emploie pour le pendule.

* *Mem. de l'Acad. des Scien.* 1735. p. 203.

* *Mem. de l'Acad. des Scien.* 1735. pag. 214.

Pour procurer au pendule toute la perfection qu'il mérite, les Phyſiciens ont imaginé d'oppoſer à-elle-même la cauſe qui en a fait varier la longueur: la dilatation, en allongeant

VI. LEÇON.

la verge, fait descendre trop bas le centre d'oscillation ; ce dérangement n'en fera plus un, si quelque autre piéce dilatée par la même chaleur & en même tems, agit en sens contraire, & en telle proportion, que l'allongement de la verge n'ait pas son effet ; on a imaginé pour cela plusieurs moyens qui ont assez bien réussi. M. Julien le Roi qui joignit aux talens d'un excellent Artiste, les connoissances physiques, & les vûes qui tendent à la perfection de l'horlogerie, en a proposé & exécuté un dont le succès est assuré par une expérience de bien constante. Et il y a 15 ou 16 ans que M. de Cassini donna à l'Académie le projet d'un autre qui fut fort applaudi, parce qu'il peut s'employer plus commodément que la plûpart de ceux qui sont connus jusqu'à présent, & que d'ailleurs il ne promet pas moins d'exactitude. Mais comme le mal & le remède dont il est ici question, ont leur source commune dans la dilatation plus ou moins grande des métaux, nous remettons ce que nous avons à en dire à la Leçon qui traite du feu, & des effets de la chaleur sur les corps.

ARTICLE

ARTICLE II.

VI. LEÇON.

Du mouvement des Corps causé par la pesanteur & par une force active & uniforme.

CETTE force que nous supposons agir avec la pesanteur sur le même mobile, se nomme ordinairement *force projectile*; tel est l'effort du bras qui jette une pierre, ou celui de la poudre qui chasse une bombe.

Ce mouvement une fois déterminé par le moteur, continueroit uniformément, si la résistance des milieux, les frottemens, &c. n'y mettoient obstacle; quoique cela soit inévitable dans l'état naturel, nous en ferons cependant abstraction, parce qu'il est plus simple & plus facile de faire connoître ce qui seroit, si ces obstacles n'y étoient pas, que de dire exactement ce qui est, lorsqu'ils y sont.

Quand un coup de raquette, *Fig.* 21. ou quelque autre impulsion détermine une balle à s'élever de bas en haut perpendiculairement à l'horizon, elle lui imprime une force directement

VI. LEÇON.

opposée à la pesanteur, le mouvement du mobile sera donc l'effet de la force projectile, moins celui de la pesanteur; c'est-à-dire, que si la premiére est capable de produire une ascension de 60 pieds par seconde, comme l'autre opére une chûte de 15 pieds en pareil tems, l'élévation de la balle sera bornée à 45 pieds pour la premiére seconde. Dans la seconde suivante, la pesanteur ayant trois fois plus d'effet que dans la premiére, causera un rabais de 45 pieds sur les 60 que la balle auroit fait en vertu de la force projectile qui agit uniformément; ainsi elle ne s'élévera que de 15 pieds, après quoi elle cessera de monter, parce qu'alors la pesanteur a de l'avantage sur la force projectile, celle-ci ne donne jamais qu'une vîtesse de 60 pieds par seconde au mobile; celle-là au troisiéme tems lui donne une vîtesse de 5 fois 15, c'est-à-dire, de 75 pieds en sens contraire. Il arrive donc en pareil cas, ce que nous avons fait voir * qu'il arriveroit à un corps qui remonteroit en vertu des vîtesses acquises par sa chûte accélérée.

* I. Sect. Liv. Exper. Fig. 12.

Dirigeons maintenant la force projectile horizontalement ; & en la supposant toujours uniforme, partageons son effet total *F G*, *Fig.* 22 en quatre parties égales, qui représentent autant d'instans semblables. Si le mobile *F*, pendant le premier tems, descend de la quantité 1 *a* en vertu de sa pesanteur, pendant le tems suivant, la même cause agissant trois fois plus le fera tomber de la quantité *b c*, qui jointe au produit de la premiére chûte, donnera 2 *c* ; en ajoûtant de même à cette derniére quantité 3 *d*, l'effet du troisiéme tems *d e*, & à cette somme 3 *e*, le produit du quatriéme tems *f g*, on aura une suite de points *F a c e g*, qui formeront une espéce de courbe que les Géométres nomment *parabole*.

VI. LEÇON.

Hors la perpendiculaire à l'horizon, dans quelque direction que l'on mette la force projectile, pourvû qu'elle soit uniforme, si la pesanteur agit en même tems sur le mobile, le mouvement composé de ces deux forces se fait toujours sensiblement dans cette courbe, il n'y a de différence que pour l'*amplitude* qui est plus

ou moins grande, comme *H g* ou *H i*.

VI. LEÇON.

En supposant, par exemple, que le mobile *M*, *Fig.* 23, tende directement au point *P* par une force projectile, si l'on retranche de cette force, pendant une suite d'instans égaux, autant de parties qui expriment les effets de la pesanteur, en augmentant entr'elles comme le quarré des tems; c'est-à-dire, qu'après le second tems elle ait perdu 4 fois plus qu'après le premier, à la fin du troisiéme neuf fois davantage, &c. l'extrémité de toutes ces lignes qui expriment les déviations causées à la direction de la force projectile par la pesanteur, donnera la courbe *M r q*; c'est-à-dire, deux demi-paraboles semblables à celle de la *Fig.* 22. qui se joignent au sommet *r*.

Avant que de mettre ceci en expérience, il est à propos d'avertir qu'on ne doit pas s'attendre à des effets parfaitement conformes à la théorie; les Géométres énoncent les choses avec exactitude, parce qu'ils n'ont qu'à supposer les quantités qui doivent entrer dans leurs calculs; mais quand i

faut que la Physique s'en mêle, il y a presque toujours à rabattre, parce que l'on a le plus souvent supposé trop ou trop peu ; la force projectile & la pesanteur ne peuvent produire ensemble un mouvement vraiment parabolique, que quand elles ne souffrent aucune altération ; quand, par exemple, la premiére est toujours uniforme dans tous les instans, & que la seconde est toujours exactement accélérée, selon la progression que nous avons établie ; & cela n'est point dans l'état naturel, parce que la résistance de l'air retarde l'une & l'autre, & les retarde irréguliérement.

VI. LEÇON.

Il y auroit bien encore quelque chose à dire en faisant attention que la direction de la pesanteur n'est point paralléle à elle-même ; c'est-à-dire, que toutes les lignes perpendiculaires à l'horizon, par l'extrémité desquelles le mobile passe pour décrire la courbe *F a c e g*, ne sont point paralléles comme on le suppose, puisqu'elles tendent toutes au centre de la terre ; mais la force projectile que nous sommes capables d'imprimer à un corps, donne un mouvement d'une

VI. LEÇON.

si petite étendue, que cette cause n'a lieu que dans la rigueur géométrique, & ne produit aucun effet sensible.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Figure* 24. représente une cuvette plus longue que large, qui porte sur un de ses grands côtés un plan vertical, & sur un de ses petits côtés, un gros tuyau de verre, au bas duquel est une espéce de robinet, dont la clef en tournant porte dans toutes sortes de directions le petit ajutage *A*, que l'on ouvre en tournant une autre petite clef *B*; on met du mercure dans le tuyau jusqu'à une hauteur convenable; & le robinet est percé de façon que les frottemens sont diminués le plus qu'il est possible.

EFFETS.

1°. L'ajutage *A* étant vertical, lorsqu'on laisse échapper le mercure, il se fait un petit jet dans la même direction, qui après s'être élevé un peu moins haut que la surface supérieure

du réservoir C, retombe sur lui-même, & s'épanouit comme les jets d'eau qu'on voit dans les jardins.

2°. Lorsqu'on met l'ajutage dans la direction horizontale *A D*, & que le mercure est à une hauteur convenable dans le tuyau, le jet se fait vis-à-vis de la parabole *A E D*.

3°. Quand l'ajutage est oblique, comme dans la direction *A F* ou *A G*, le jet décrit l'une ou l'autre des paraboles *A I K*, ou *A L M*.

EXPLICATIONS.

Lorsque le mercure sort par l'ajutage, il est poussé par une force projectile qui lui vient de la pesanteur de celui qui est dans le tuyau, & cette force peut être regardée comme uniforme, si le jet dure peu, & que la surface *C* du réservoir ne baisse point sensiblement. Le mercure s'éléve jusqu'à ce que sa pesanteur qu'il faut vaincre, ait consumé entiérement sa force projectile; & cet effet arrive avant qu'il parvienne à la hauteur de la surface *C*, parce que les frottemens & la résistance du milieu affoiblissent un peu cette force qui le fait monter.

VI. LEÇON.

Quand le jet de mercure s'échappe dans une direction horizontale, il continueroit dans la même ligne, s'il n'obéiſſoit qu'à la force qui le pouſſe dehors; mais dès qu'il eſt ſorti, la gravité s'en empare auſſi, & ſon action qui croît comme les nombres impairs 1, 3, 5, &c. fait voir à l'œil ce que nous avons ſuppoſé dans la *Fig.* 22.

Enfin l'on peut dire la même choſe de la ligne que décrit le mercure lorſqu'il s'échappe par AF ou AG: ſa peſanteur ne lui permet pas d'y continuer ſon mouvement; elle l'en écarte par des quantités qui ſont conformes aux loix de ſon accélération, & la ligne qu'il ſuit eſt ſenſiblement une parabole, parce que vers la fin, où la réſiſtance de l'air fait le plus d'obſtacle, le jet, en s'épanouiſſant, devient plus large, & la partie ſupérieure ne ſort preſque pas de la parabole géométrique, qui eſt tracée ſur le plan.

On peut encore appeller ici en preuves les expériences ſur le mouvement compoſé, où nous avons fait entrer la peſanteur pour une des puiſ-

fances composantes; telles sont celles que nous avons représentées par les *Figures* 11. & 13. Car dans l'une & dans l'autre, la courbe que trace le mobile par son mouvement, & que nous n'avons pas nommée alors, est encore une parabole, comme on le peut voir en y appliquant les régles que nous avons établies ci-dessus.

APPLICATIONS.

Toute la *balliſtique*, c'est-à-dire, cette partie de l'artillerie qui consiste à mesurer avec justesse le jet d'un corps fort pesant, comme une bombe, un boulet de canon, &c. consiste dans la combinaison qu'il faut faire de la force projectile, & de la pesanteur du mobile. On conçoit aisément, par la seule inspection des *Figures* 22. & 23. que la direction d'un boulet de canon ou d'une bombe étant une fois réglée, l'amplitude Hg ou Mq est d'autant plus grande, que le mobile est poussé avec plus de vîtesse; car s'il pouvoit parcourir dans le premier instant toute la distance qui est entre les deux paralléles FH, Gg, ou MC, Pq, la pa-

VI. LEÇON.

rabole passeroit au point *k*, & ne différeroit pas beaucoup d'une ligne droite : ainsi un mortier qui a une certaine inclinaison, chasse donc la bombe d'autant plus loin, que la force projectile imprime plus de vîtesse ; mais cette force projectile vient de l'explosion de la poudre, & c'est une chose très-difficile que d'estimer avec quelque justesse la valeur de cette impulsion. Elle dépend principalement de la qualité de la poudre & de la quantité, non pas que l'on y emploie, mais qui s'enflamme ; car il ne faut pas croire que dans ces grandes charges, le feu prenne par-tout avant le départ : l'expérience a fait voir qu'une grande partie tourne en pure perte ; ainsi l'on voit qu'une des quantités les plus essentielles à connoître, pour juger le mouvement d'une bombe, est sujette à beaucoup de variations ; * aussi quoiqu'on exige avec raison que les Officiers d'Artillerie soient instruits des principes, on a encore plus de raisons pour vouloir qu'ils soient bien exercés aux Ecoles établies dans cette vûe.

* *Mem. de l'Acad. des Scienc. 1716. pag. 79.*

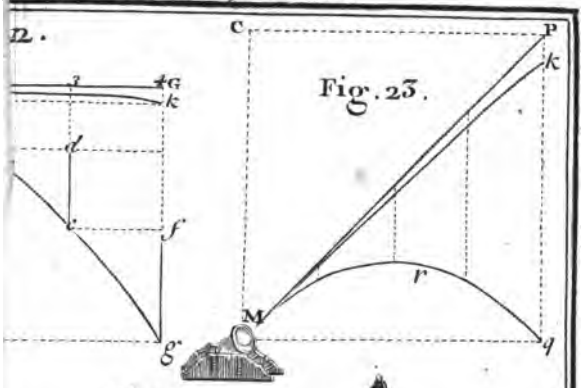


Fig. 23.

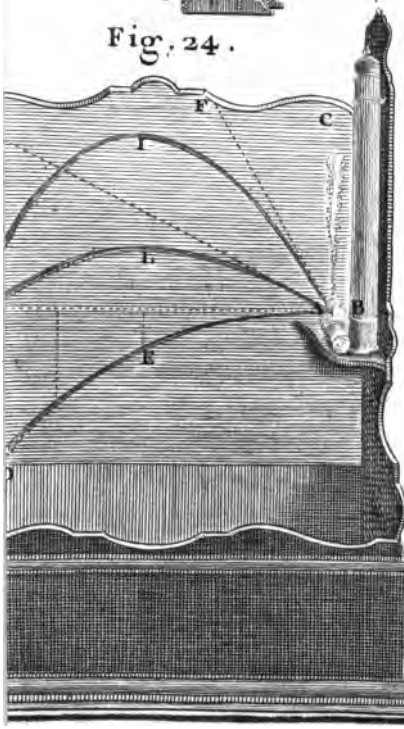


Fig. 24.

VII. LEÇON.

Sur l'Hydroſtatique.

ON appelle *Hydroſtatique* la ſcience qui a pour objet, la peſanteur & l'équilibre des liqueurs. Quoique la gravité de ces corps ſoit la même que celle des autres, & qu'elle ſoit ſoumiſe aux mêmes loix que nous avons enſeignées dans la Leçon précédente, l'état de liquidité donne lieu à des phénoménes particuliers qu'il eſt important de connoître, & qui méritent d'être traités à part. VII. LEÇON.

Archiméde, parmi les anciens Philoſophes, eſt celui qui paroît avoir fait le plus de progrès dans cette étude; on lui fait encore honneur aujourd'hui de la maniére ingénieuſe par laquelle il reconnut qu'une couronne d'or n'étoit pas au titre auquel elle devoit être, en la peſant dans l'eau. Parmi les modernes, Galilée, Toricelli, Deſcartes, Paſchal; & dans ces derniers tems Mrs. Ma-

VII. LEÇON.

riotte & Varignon, ont ajouté beaucoup de belles connoiſſances à celles que l'on avoit déja; & leurs expériences auſſi convaincantes que curieuſes, nous ont mis en état de ſçavoir ce que nous devons craindre ou attendre de la force des eaux qui agiſſent par leur poids, & comment nous pouvons la tourner à notre utilité, en l'employant par le moyen des machines hydrauliques.

Les liqueurs, ſuivant l'idée que nous en avons donnée dans notre premiére Leçon, page 44. ſont des matiéres dont les molécules extrêmement petites & mobiles entre elles, n'ont point une cohérence bien ſenſible, de façon que chacune obéit librement à ſon propre poids : tous au contraire des corps ſolides, dont les parties liées & adhérentes les unes aux autres, réſiſtent plus ou moins fortement à leur ſéparation, ne ſe meuvent que toutes enſemble, & exercent leur peſanteur en commun.

Nous ne cherchons point ici quelles ſont les cauſes de la liquidité, ni les différentes propriétés qui con-

viennent à cet état des corps : ces questions trouveront leurs places dans la suite. Il ne s'agit maintenant que de la maniére dont les liqueurs pésent ; & comme tout ce qui est liquide, ne l'est pas également, il est bon d'avertir que ce qu'exigent les loix de l'hydrostatique, s'exécute d'autant moins exactement, que les corps s'éloignent davantage de la parfaite liquidité. L'eau & l'huile se répandent si leurs vaisseaux viennent à se casser ; mais l'entiére effusion de celle-ci est plus lente.

VII. LEÇON.

Les fluides dont les parties sont aussi subtiles, aussi mobiles que celles des liqueurs, ont les mêmes propriétés qu'elles ; mais s'ils sont composés de molécules grossiéres & capables de s'accrocher fortement les unes aux autres, leur gravité a des effets un peu différens : l'air prend aussi exactement que l'eau, la forme du vaisseau qui le contient ; mais la fumée ne se répand pas de même, ni aussi promptement, dans le lieu où elle est.

Pour se former de la pesanteur des liqueurs ou des fluides une idée juste,

VII. LEÇON.

une idée qui facilite l'intelligence des phénoménes que nous avons à expliquer, il faut conſidérer les matiéres qui ſont en cet état, comme un amas de petits corps ſolides, très-durs, indépendans les uns des autres, peſans ſéparément & à proportion de leurs petites maſſes. Mais une choſe ſur-tout qu'on ne doit jamais oublier, c'eſt l'extrême petiteſſe de ces molécules, qui les rend non-ſeulement impalpables, mais qui les ſouſtrait aux yeux les plus perçans, lors même qu'ils empruntent le ſecours des meilleurs microſcopes. C'eſt principalement de cette derniére qualité, que dépendent les effets les plus ſinguliers de l'hydroſtatique, ceux dont l'explication a peine à ſe concilier avec une démonſtration rigoureuſe.

Nous comprendrons en trois ſections ce que nous avons à dire touchant l'hydroſtatique. Dans la premiére, nous examinerons de quelle maniére s'exerce la peſanteur d'une liqueur dont les parties ſont homogènes, ou conſidérées comme telles; dans la ſeconde, nous ferons voir

comment se comportent ensemble plusieurs liqueurs dont les densités sont différentes ; & dans la troisiéme, nous comparerons les corps solides avec les liqueurs, en les y plongeant.

VII. LEÇON.

PREMIERE SECTION.

De la pesanteur & de l'équilibre des liqueurs, dont les parties sont homogènes.

SElon l'idée que nous nous sommes faite des liqueurs, celles qui sont homogènes sont composées de particules qui sont semblables, tant par la figure, que par la grandeur & le poids: une certaine quantité d'eau, par exemple, sera donc un amas de très-petits corps mobiles, qui auront des forces égales pour se mouvoir de haut en bas; sur ces principes on peut établir les propositions suivantes.

PREMIERE PROPOSITION.

Les liqueurs pésent, non-seulement quant à leur masse totale, mais encore en elles-mêmes, c'est-à-dire, quant aux parties qui les composent.

VII. Leçon.

La premiére partie de cette proposition n'a pas besoin d'autre preuve, que l'expérience qu'on en a tous les jours, en portant un verre plein d'eau ou de vin à la bouche; on sent bien que quand il est vuide, il ne pése pas autant. Comment donc se pourroit-il faire qu'une somme de petits corps pesans n'eussent point de poids?

L'autre partie est une suite nécessaire de la premiére, & ne semble pas avoir plus besoin qu'elle d'être prouvée. Car si la masse totale pése, d'où lui peut venir cette pesanteur, sinon des parties matérielles qui la composent? Cependant la plûpart des Physiciens s'y arrêtent, parce qu'il s'en est trouvé quelques-uns qui ont prétendu que les liquides ne pesoient point *dans leur propre élément*; mais par cette expression vouloient-ils dire que les parties d'une liqueur ne pésent point dans la masse qu'elles composent; qu'elles n'ont plus de pesanteur absolue? Ou bien seulement, qu'elles sont en équilibre entre elles? Si ce dernier sens est celui qu'ils ont attaché à leur proposition, c'est combattre un phantôme, que de s'amu-

ser

ser à prouver qu'une certaine quantité d'eau, par exemple, eſt encore pesante, quand elle eſt mêlée avec d'autre eau, ou qu'elle contribue au poids de la maſſe dont elle fait partie. Quoi qu'il en ſoit, voici la preuve qu'on en donne.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Figure* 1. repréſente un fléau de balance, qui tient en équilibre dans un vaſe plein d'eau, une petite bouteille de verre fort épaiſſe, vuide & bouchée.

EFFETS.

Auſſi-tôt qu'on débouche la bouteille, elle s'emplit d'eau, & elle va au fond du vaſe.

EXPLICATIONS.

On ſçait que de deux corps attachés aux bras d'une balance, celui qui enléve l'autre a plus de poids; ſi la bouteille, en ſe rempliſſant d'eau, enléve le baſſin qui la ſoutenoit en équilibre, c'eſt que cette eau la rend

VII. LEÇON.

plus pesante qu'elle n'étoit ; & pour preuve que l'augmentation de son poids n'est autre chose que celui de l'eau qu'elle reçoit, il n'y a qu'à rétablir l'équilibre, en ajoutant du poids dans le bassin opposé ; ce poids ajouté sera égal à celui d'une pareille quantité d'eau pesée hors de la masse dont elle fait partie : ce qui fait bien voir, à quiconque en voudroit douter, qu'une certaine quantité de liqueur a toujours sa pesanteur absolue, soit qu'elle fasse partie d'une plus grande masse de la même liqueur, soit qu'elle se prenne séparément.

APPLICATIONS.

Des exemples sans nombre nous mettent tous les jours sous les yeux des effets semblables à celui que nous venons de voir dans l'exemple précédent. De même qu'une bouteille, quand on la débouche, devient plus pesante par l'eau qui la remplit, un seau qui flotte, ou une barque s'enfonçent & se perdent, lorsqu'il s'y fait quelque ouverture qui lui fait faire eau. La matière qui compose ces sortes de vaisseaux, est ordinai-

rement plus pesante que le fluide qui les soutient s'il peut s'y introduire & remplir leurs capacités, le tout ensemble fait une masse dont le poids excéde celui d'un égal volume d'eau & par cette raison, le vaisseau tombe au fond. VII. Leçon.

Les corps bien poreux ou spongieux qui demeurent quelque tems exposés à un air humide, comme les bois, les pierres tendres, la terre même, n'en deviennent-ils pas plus pesans? & tout au contraire ne perdent-ils pas dans un air plus sec, une partie de leur poids avec leur humidité? Ceux qui vendent au poids des marchandises qui sont susceptibles de sécheresse & d'humidité, comme le tabac, l'indigo, le sucre, &c. ont grand soin de les tenir dans des lieux frais, pour prévenir ou réparer une évaporation qui leur causeroit un déchet réel.

On est dans l'usage de conserver dans l'eau les bois qu'on destine à la construction des vaisseaux. Quand on les a jettés dans le bassin, on les voit surnager d'abord, mais peu à peu ils s'enfoncent, & demeurent cachés

VII. LEÇON.

sous la surface de l'eau : c'est que ce liquide les pénètre avec le tems, soit qu'il rempliſſe des vuides, ſoit qu'il prenne la place d'autres matiéres plus légères qui cédent à ſon effort, & alors la piéce compoſée de bois & d'eau, égale ou ſurpaſſe même en peſanteur le liquide qui l'environne ; car c'eſt un fait conſtant, que les parties propres du bois le plus léger péſent plus que l'eau. Le liége même ne ſurnage plus, lorſqu'ayant été long-tems macéré, ſes parties ſe déſunifſent, & ne compoſent plus, comme d'ordinaire, un volume où il y a beaucoup plus de vuide que de ſolide.

L'eau qui pénétre les corps, ajoute donc à leur poids, en qualité de liqueur peſante, non-ſeulement lorſque ces corps ſont hors d'elle, mais lors même qu'ils y ſont entiérement plongés ; & cela, parce que les parties des liquides, comme celles des autres corps, ſont de petites portions de matiére, & que toute matiére eſt peſante.

II. PROPOSITION.

VII. LEÇON.

Les parties d'une même liqueur exercent leur pesanteur, indépendamment les unes des autres.

Cette propriété leur vient de ce qu'elles n'ont point de cohérence sensible, de ce qu'elles peuvent se séparer presque sans effort, tout au contraire des corps solides, dont les parties sont liées, adhérentes & difficiles à désunir. Si l'on veut enlever une pierre, ou un morceau de bois par quelqu'endroit qu'on le prenne, on soutient toute sa masse, il est bien naturel qu'on en sente aussi tout le poids: mais si l'on met le bout du doigt sous le fond d'un vaisseau percé & plein de liqueur, pour arrêter l'écoulement, on n'a à vaincre que le poids de la colonne qui répond perpendiculairement au trou; car pourquoi porteroit-on les autres, si celle-là peut tomber sans les entraîner avec elle? L'expérience rendra ceci évident.

VI. LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Au fond d'un grand vaisseau cylindrique de verre, représenté par la *Fig.* 2. on a pratiqué un trou & une virole cylindrique d'un pouce de diamétre, que l'on bouche avec un morceau de liége bien arrondi & graissé, afin qu'il puisse céder à une médiocre pression; le canal commencé par la virole, est continué dans le vaisseau par un tube de verre *A*, de même diamétre, qui peut s'ôter quand il en est besoin; & le tout est porté sur un trépied, au-dessus d'un plat ou d'un bassin, pour recevoir l'eau qui s'écoule.

EFFETS.

Après avoir versé doucement de l'eau dans le tuyau *A*, on remarque à quelle hauteur elle est; quand son poids chasse le bouchon *B*, on ôte le tuyau, on remet le bouchon, comme il étoit avant, & si l'on emplit le vase jusqu'à ce que le bouchon sorte de sa place, on pourra ob-

ſerver que l'eau eſt préciſément à la même hauteur qu'elle étoit précédemment dans le tuyau.

EXPLICATIONS.

On ne peut diſconvenir que le bouchon *B* ne ſoit chaſſé de ſa place par le poids de l'eau. Il réſiſte autant, lorſqu'on emplit le grand vaiſſeau, que quand on ne charge que le tube, pourvû que ce ſoit à même hauteur: il eſt donc évident que ce tuyau ne change rien à la preſſion du fluide, & que la colonne qui péſe ſur le bouchon, agit de même, ſoit qu'on la ſépare du reſte par une enveloppe ſolide, ſoit qu'elle ait communication avec la maſſe totale. Ne diſſimulons pas cependant que le frottement cauſe quelque petite différence, parce que cette réſiſtance eſt plus grande, quand la colonne d'eau ſe meut dans un tuyau dont la ſurface eſt ſolide, que quand elle n'eſt contenue que par une maſſe d'eau dont les parties ſont roulantes.

Pour prendre une idée juſte de ces ſortes d'écoulemens, & pour concevoir avec facilité pourquoi les fluí-

VII. LEÇON.

des exercent leur peſanteur autrement que les ſolides, il faut ſe repréſenter, comme on le voit par la *Fig.* 3. toute la maſſe d'eau contenue dans notre grand vaſe, diviſée en pluſieurs colonnes, 1, 2, 3, 4, 5, dont chacune eſt compoſée d'un égal nombre de parties; ſi le fond du vaiſſeau qui ſert de baſe & d'appui à toutes ces colonnes, vient à s'ouvrir en *a*, la partie inférieure de la colonne 3 n'étant plus ſoutenue, doit tomber par l'ouverture. & après elle toutes les autres qui ſont poſées deſſus. Cette colonne entiére gliſſera donc de haut en bas, entre la ſeconde & la quatriéme, qui ſont ſoutenues aux points *b* & *c*, & dont toutes les parties mobiles, ſur leur propre centre, deviennent autant de petits rouleaux qui facilitent ſa deſcente. Si la ſeconde & la premiére colonne d'une part, la quatriéme & la cinquiéme de l'autre part, étoient compoſées de parties liées & cohérentes, elles ſubſiſteroient de toute leur longueur, & par la chûte de la troiſiéme, il ſe feroit un vuide entr'elles. Mais comme ces particules ſont extrêmement petites

petites, extrêmement mobiles les unes sur les autres, dès que le haut de la troisiéme colonne vient à descendre, & qu'elles cessent d'être soutenues en cet endroit, elles s'écroulent à proportion de l'écoulement ; & de cette maniére la superficie de la masse totale baisse toute ensemble, quoiqu'il n'y ait qu'une des colonnes qui fournisse à l'écoulement par sa chûte.

Quand les parties ont une cohérence sensible, comme celles des liqueurs grasses ou visqueuses ; ou que la masse du fluide qui s'écoule, a beaucoup de largeur par rapport à sa hauteur, on s'apperçoit assez bien du vuide que laisse au-dessus d'elle la colonne qui s'écoule ; la superficie, au lieu d'être plane comme à l'ordinaire, est plus creuse dans le milieu, parce que les parties voisines n'arrivent point avec assez de vîtesse, pour remplacer celles qu'une pesanteur directe fait descendre.

APPLICATIONS.

On voit par l'explication que nous venons de donner, combien la flui-

VII. LEÇON.

dité des corps apporte de changement aux effets de leur pesanteur. Si l'on tiroit avec un fil, ou qu'on poussât de bas en-haut le bouchon *B*, *Fig.* 2. on n'auroit à soulever que le poids de la colonne dont il est la base, parce que cette portion d'eau étant indépendante du reste, peut se mouvoir librement dans la masse. Mais si cette masse venoit à se convertir en glace; par la seule raison qu'elle ne seroit plus liquide, & que ses parties seroient liées & cohérentes, la main qui soutiendroit la colonne qui répond au bouchon, dès l'instant de la congélation, auroit à porter tout ce qui est contenu dans le vaisseau.

Le frimas, la neige, & toutes les congélations aqueuses qui s'attachent aux arbres & aux plantes; les affaissent & les fatiguent bien davantage que l'eau qui les mouille, parce que les branches ont à porter non-seulement les parties humides qui les entourent, & qui sont adhérentes à leur écorce, mais encore celles que la gelée attache à celles-ci & que leur propre poids feroit tomber de côté, si elles étoient fluides.

Ceux qui ont eu occasion de visiter les cavernes & les grottes naturelles qui se rencontrent en différens pays ont pû remarquer souvent certaines concrétions pierreuses qui se forment goutte à goutte, & qui pendent aux voûtes, à peu-près comme les glaçons qu'un faux dégel fait naître au bord des toits, & de tous les endroits où il s'est fait quelque fonte un peu lente de la neige ou de la glace. Ces sortes de pierres que l'on nomme *stalactites*, sont originairement liquides comme l'eau qui en charrie les parties; la premiére goutte qui demeure suspendue à la voûte, n'a que l'adhérence qu'il lui faut, pour soutenir son propre poids; mais à mesure que son humidité s'évapore, elle devient solide, & capable d'en porter d'autres à qui la même chose arrive, de maniére qu'une masse assez considérable demeure suspendue malgré son poids, par la seule raison qu'elle est solide, & qu'une partie tient à la voûte. VII. LEÇON.

Cette opération de la nature est imitée d'assez près par les ouvriers qui fabriquent la bougie & la chan-

[illegible] mèches sont enfilées paral-
lélement sur des baguettes, & on les
plonge à plusieurs reprises dans des
terrines qui contiennent le suif fondu,
on met en outre couler par en-haut la
même matière chaude le long de la mè-
che : cette dernière pratique est sur-
tout en usage pour les cierges, qui
doivent être plus gros par en-bas ; car
on sent bien que la matière en se
refroidissant coule moins vite vers la
base à chaque immersion, & l'on a grand soin
aussi de ne la point employer trop
chaude, afin qu'il en reste davantage
à chaque immersion, ou chaque fois
qu'on la remue.

Ne quittons point cet article sans
observer un fait qui trouve encore
son application dans notre seconde
proposition. Les liqueurs ne touchent
pas à la manière des solides ; leur
choc, à quantités égales de matière,
ne se fait pas sentir de même ; en un
mot, on craint la chûte d'un glaçon
du poids d'une livre, & l'on n'appré-
hende point d'être blessé par une pa-
reille quantité d'eau.

Indépendamment de ce que les li-
queurs sont divisées en tombant par

des milieux réſiſtans, & que leur ſuperficie augmentée par cette diviſion, retarde aſſez conſidérablement la vîteſſe de leur chûte; indépendamment, dis-je, de cette raiſon, les corps en cet état s'appliquent à une plus grande ſurface, & diviſent leur effort total en une infinité de petites impreſſions peu ſenſibles. Suppoſons, par exemple, qu'on préſente le plat de la main à la chûte d'une livre d'eau qui ait une figure ſphérique; on peut concevoir cette boule fluide comme un aſſemblage de petites colonnes, paralléles entre elles & à la direction de leur chûte commune; la plus longue de toutes, à cauſe de la ſphéricité de la maſſe, portera ſon effort ſeul au milieu de la main, & les autres, par la même raiſon, arriveront un peu plus tard, & frapperont les parties voiſines, chacune en raiſon de ſa maſſe particuliére: ainſi tout le coup ſera partagé à toute la largeur de la main qui le reçoit. Mais ſi cette boule eſt de glace, ce ne ſera pas la même choſe, la main ne ſera frappée qu'en un très-petit eſpace, qui recevra l'effort non-ſeulement de

VII. LEÇON.

VII. LEÇON.

delle; les méches ſont enfilées paral-lélement ſur des baguettes, & on les plonge à pluſieurs repriſes dans des baquets qui contiennent le ſuiffondu, ou bien on fait couler par en-haut la cire toute chaude le long de la méche ; cette derniére pratique eſt ſur-tout en uſage pour les cierges, qui doivent être plus gros par en-bas ; car on conçoit bien que la matiére en ſe refroidiſſant coule moins vîte vers la fin de ſa chûte & l'on a grand ſoin auſſi de ne la point employer trop chaude, afin qu'il en reſte davantage à chaque immerſion, ou chaque fois qu'on la verſe.

Ne quittons point cet article ſans obſerver un fait qui trouve encore ſon explication dans notre ſeconde propoſition. Les liqueurs ne touchent pas à la maniére des ſolides ; leur choc, à quantités égales de matiére, ne ſe fait pas ſentir de même ; en un mot, on craint la chûte d'un glaçon du poids d'une livre, & l'on n'appréhende point d'être bleſſé par une pareille quantité d'eau.

Indépendamment de ce que les liqueurs ſont diviſées en tombant par

des milieux réſiſtans, & que leur ſuperficie augmentée par cette diviſion, retarde aſſez conſidérablement la vîteſſe de leur chûte; indépendamment, dis-je, de cette raiſon, les corps en cet état s'appliquent à une plus grande ſurface, & diviſent leur effort total en une infinité de petites impreſſions peu ſenſibles. Suppoſons, par exemple, qu'on préſente le plat de la main à la chûte d'une livre d'eau qui ait une figure ſphérique; on peut concevoir cette boule fluide comme un aſſemblage de petites colonnes, paralléles entre elles & à la direction de leur chûte commune; la plus longue de toutes, à cauſe de la ſphéricité de la maſſe, portera ſon effort ſeul au milieu de la main, & les autres, par la même raiſon, arriveront un peu plus tard, & frapperont les parties voiſines, chacune en raiſon de ſa maſſe particuliére: ainſi tout le coup ſera partagé à toute la largeur de la main qui le reçoit. Mais ſi cette boule eſt de glace, ce ne ſera pas la même choſe, la main ne ſera frappée qu'en un très-petit eſpace, qui recevra l'effort non-ſeulement de

VII. LEÇON.

VII. LEÇON.

la colonne qui lui répond, mais encore de toutes les autres qui ſont unies à celles-ci, qui exercent leur peſanteur en commun avec elle. De-là vient qu'un corps anguleux, ou pointu, fait plus de mal en tombant, qu'un autre qui ſeroit plat, parce que ſon effort eſt réuni ſur une plus petite place; & par la raiſon du contraire, on riſque moins de ſe bleſſer, quand on tient la main creuſe, pour recevoir une boule qui tombe, que lorſqu'on l'étend.

III. PROPOSITION.

Les liqueurs exercent leur peſanteur en toutes ſortes de ſens.

C'eſt-à-dire, que non-ſeulement elles péſent de haut-en-bas, comme tous les autres corps, mais elles preſſent auſſi latéralement tous les obſtacles qui les retiennent; & elles tendent à s'élever de bas-en-haut, lorſqu'elles communiquent avec des quantités plus hautes, & par-là plus peſantes qu'elles.

On conçoit aiſément comment les liquides péſent de haut-en-bas, puiſqu'ils ſont compoſés de parties

qui participent à la gravité, qui eſt commune à tous les corps. Mais il n'eſt pas auſſi facile de comprendre leur preſſion latérale. Cependant ſi l'on fait attention que leurs moléculles ſont dans le vaſe qui les contient, comme un amas de petits globules, on pourra bien imaginer qu'elles ne ſont pas toutes arrangées réguliérement les unes ſur les autres, comme dans la *Fig.* 3. mais que le plus ſouvent une colonne exerce ſa preſſion entre deux autres, & tend à les écarter, comme on peut le voir en la *Fig.* 4. où la preſſion perpendiculaire, qui ſe fait vis-à-vis du point *d*, eſt tranſportée par les colonnes latérales vers les côtés *e*, *f*, du vaſe. De la même maniére, quand la colonne *d f* agit contre les deux parties *g*, *h*, la premiére fait une réſiſtance ſuffiſante à cauſe des parois du vaſe qui l'appuient: mais la partie *h* ſouffre un effort qui la ſouléve de bas-en-haut, & qui aura ſon effet, à moins qu'une colonne égale à *i k* ou quelque choſe d'équivalent, ne péſe deſſus pour la contenir.

VII. LEÇON.

Cette preſſion qui ſe communique

VII. LEÇON.

ainſi à la partie *b*, & qui tend à la ſoulever, a donné lieu à cette expreſſion, *les liqueurs péſent de bas-en-haut;* mais ce ſeroit en abuſer, & prendre de la peſanteur des liquides une idée très-fauſſe, ſi l'on prétendoit en effet qu'elles ont d'elles-mêmes une tendance à s'élever: une colonne de liqueur eſt portée de bas-en-haut, par la preſſion d'une autre qui s'exerce de haut-en-bas avec avantage, comme une livre de plomb au bras d'une balance, juſqu'à ce que toutes deux ſoient également élevées au-deſſus de l'horizon. Venons maintenant à la preuve de notre propoſition.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un grand vaſe plein d'eau colorée, *Fig. 5.* on plonge ſucceſſivement trois tubes de 6 à 7 lignes de diamétre, ouverts des deux bouts, mais dont on tient le haut bouché avec le pouce pendant le tems de l'immerſion.

EFFETS.

VII. LEÇON.

Quand chacun de ces tubes eſt plongé, & qu'on le débouche par le haut en ôtant le pouce, l'eau s'éléve dedans à la même hauteur où elle eſt dans le grand vaſe, quelque figure qu'ait le tube.

EXPLICATIONS.

Le tube que l'on plonge perpendiculairement dans levaſe, contient une colonne d'air qui remplit ſa capacité, & qui ne peut en ſortir, tant qu'on le tient bouché par en haut ; car ce fluide étant plus léger que l'eau, ne peut plus ſortir par en-bas, dès que le bout du tube eſt plongé. Mais ſi-tôt que le pouce eſt ôté de deſſus l'orifice ſupérieur, & que l'air ceſſant d'être appuyé en cette partie, ne fait plus un obſtacle invincible à l'eau, elle y eſt portée par le poids de celle qui reſte dans le grand vaſe en la maniére qui ſuit.

Lorſque le tube *C* eſt plongé, l'eau par ſa peſanteur naturelle tombe de *D* en *E*, & coule d'*E* en *F*, parce qu'elle eſt compoſée de parties mo-

VII. LEÇON.

biles & roulantes, & que cette partie du tube forme un plan incliné. L'effet en demeureroit-là, s'il y avoit en *F* un obſtacle invincible, ou que ce qui eſt contenu dans la ſinuoſité *EF*, ne pût s'y mouvoir facilement. Mais c'eſt un fluide preſſé par la colonne *GD*, qui répond perpendiculairement à l'orifice du tube, & qui eſt continuée juſqu'en *E*; l'eau s'éléve donc dans la branche *CF*, non qu'elle ait une tendance réelle de bas-en-haut, mais parce qu'elle obéit au poids d'une colonne *GE* qui péſe de haut-en-bas; & elle continue de s'élever juſqu'en *C*, c'eſt-à-dire, à telle hauteur où elle eſt en équilibre avec *GE* qui la pouſſe.

En quelque endroit du vaſe que l'on plonge le tube *H*, ſon orifice inférieur, de quelque côté qu'il ſe préſente, reçoit toujours un volume d'eau preſſé latéralement par la colonne perpendiculaire à laquelle il répond, & qui porteroit ſon effort contre la paroi du vaſe, comme on le voit en *e* & en *f*, *Fig.* 4. ainſi l'eau étant pouſſée dans l'orifice *I*, avec une preſſion égale au poids de la co-

lonne *IK*, elle s'éléve à la même hauteur dans le tuyau, & de la même maniére que dans le précédent. VII. LEÇON.

Enfin, ſi le tube n'eſt point recourbé, & qu'il ſe préſente comme *LM*, dans l'inſtant où il eſt débouché par le haut, l'eau qui ſe préſente à ſon orifice *M*, eſt dans le cas du globule *h*, *Fig.* 4. appuyée ſur la colonne perpendiculaire *Mk*, par les colonnes latérales, *lo*, *lo*, qui ont leur point d'appui contre les parois du vaſe, & preſſée par le poids des colonnes voiſines *no*, *no*; elle eſt donc obligée de s'échapper par le tube où elle trouve moins de réſiſtance, juſqu'à ce que ſon propre poids, augmentant avec ſa hauteur, ſoit enfin égal à celui qui la force de monter.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

PQ, *Fig.* 2. ſont deux viroles de la même largeur que celle qui eſt en *B*, & propres à recevoir le même bouchon; mais quand il eſt placé à l'une des trois viroles, il faut que les deux autres ſoient fortement bouchées.

VII. LEÇON.

EFFETS.

A telle virole que soit placé le bouchon mobile, il céde toujours à l'effort de l'eau que l'on verse dans le vase, quand elle parvient à une même hauteur.

EXPLICATIONS.

Cette expérience prouve la même chose, & s'explique de même que la précédente; l'effort que l'eau fait perpendiculairement, en pesant sur le fond du vase, comme tout autre corps pourroit faire, se distribue contre les parois mêmes, & en toutes sortes de sens, à cause de la mobilité, de la figure & de la petitesse des parties; mais comme cet effort vient de la pesanteur, & que la direction naturelle de cette puissance est perpendiculaire au fond du vaisseau, le bouchon ne céde que quand la liqueur a une certaine hauteur, & la même quantité d'eau ne suffiroit pas, si le vase, étant plus large, tenoit la superficie du fluide moins élevée.

APPLICATONS.

VII. LEÇON.

On rencontre à tout instant des preuves de la pression latérale des fluides : un pot, une bouteille inclinée, un tonneau que l'on met en perce, ne se vuideroient jamais, si la liqueur qu'ils contiennent, ne les pressoit que de haut-en-bas, à la maniére des corps solides : un navire percé d'un coup de canon, fait eau par le côté, & risque de se perdre, si l'on n'y met reméde, comme si le mal étoit au fond vers la quille ; & l'eau y entre avec d'autant plus de vîtesse, que la mer a plus de hauteur au-dessus du trou.

Quand on bâtit des digues, des reservoirs, & autres ouvrages hydrauliques, on a grand soin de les proportionner aux efforts de l'eau. On a vû quelquefois des provinces submergées, & quantité d'autres accidens funestes, parce qu'on n'avoit point opposé des résistances suffisantes à la pression latérale des eaux.

On doit porter ces sortes de précautions jusques dans les travaux où les matiéres sont tant soi peu flui-

VII. LEÇON.

des, soit par la petiteſſe de leurs parties, soit par leur peu de liaiſon; ſi, par exemple, on éléve une digue avec de la terre, ou avec du cailloutage; on la voit bien-tôt s'écrouler, ſi l'on ne donne à ſes côtés une pente ſuffiſante qu'on appelle *talus*; & les murs qui retiennent les terraſſes, ne réſiſtent à la pouſſée, que quand ils ont une ſolidité proportionnée à la hauteur & à la nature des terres.

Creuſer un puits, c'eſt former dans la terre un canal perpendiculaire à l'horizon. Ce canal eſt dans le cas du tuyau *LM*; s'il y a dans le voiſinage des eaux dont la ſurface ſoit plus élevée que le fond du puits, elles doivent le remplir juſqu'à ce qu'il en contienne aſſez, pour leur faire équilibre. Il arrive ſouvent que l'on creuſe fort profondément, avant que de trouver une terre de nature à laiſſer paſſer l'eau; c'eſt comme ſi l'on enfonçoit beaucoup le tube, ſans ôter le pouce qui le bouche par en-haut: ſi on le débouche alors, les colonnes latérales étant fort longues & fort peſantes, chaſſent l'eau dans le tube avec précipitation; de même il eſt

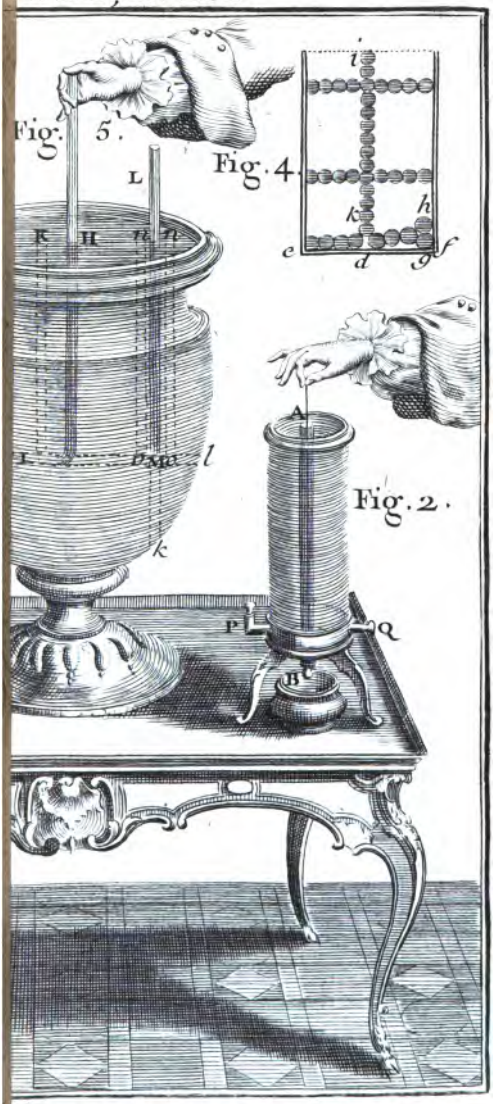


Fig. 5.
Fig. 4.
i
k
h
e
d
g
f
L
K
H
n
h
l
k
A
Fig. 2.
P
Q
B

arrivé souvent que des ouvriers ont été surpris par l'abondance de l'eau au fond d'un puits neuf, parce que la nature du terrein leur avoit fait chercher trop avant un passage à la source, & qu'il s'étoit trouvé tout-à-coup trop libre, VII. LEÇON.

De ce qu'une liqueur peut être élevée de bas-en-haut par le poids des colonnes voisines, il suit qu'on peut indifféremment remplir un vaisseau par le fond, s'il est percé, en le plongeant perpendiculairement, ou bien par son embouchure en l'inclinant; & ce choix est d'un avantage considérable en plusieurs occasions, je n'en citerai qu'une.

Pour tirer l'eau des puits qui sont fort profonds, on se sert quelquefois de deux seaux attachés aux deux bouts d'une même corde, qui embrasse un tambour qu'on fait tourner, de maniere que l'un descend, pendant que l'autre monte; c'est, à mon avis, la meilleure machine connue qu'on puisse employer en pareil cas, c'est-à-dire, quand une grande profondeur rend l'application des pompes très-difficile; mais comme

VII. LEÇON.

ces ſeaux ſont ordinairement fort grands, & qu'on eſt ſouvent obligé de leur donner de la longueur aux dépens de la largeur, pour s'accommoder au diamétre du puits, on prend le parti de les emplir par le fond, & pour cet effet on y pratique une ou pluſieurs ſoupapes, qui laiſſent entrer l'eau, & qui ne lui permettent pas de retomber.

IV. PROPOSITION.

Toutes les parties d'une même liqueur ſont en équilibre entr'elles, ſoit dans un ſeul vaiſſeau, ſoit dans pluſieurs qui communiquent enſemble.

Pour ôter toute équivoque, j'entends ici par le mot de *parties*, des volumes égaux & en tout ſemblables; car comme les molécules changent ſelon le dégré de liquidité, il pourroit ſe rencontrer des cas où la denſité ne ſeroit point uniforme dans toute la maſſe & alors on devroit conſidérer la liqueur, comme s'il y en avoit pluſieurs mêlées enſemble.

En ſuppoſant donc toutes les parties parfaitement ſemblables, comme on a tout lieu de croire qu'elles le ſont dans

la

la plûpart des liqueurs, je dis qu'il y a équilibre entre elles, ou qu'elles ſe meuvent, juſqu'à ce qu'elles ſoient parvenues à cet état, parce qu'elles ont des forces égales; car la force d'un corps qui tend à tomber, n'eſt autre choſe que cette tendance, & ſa quantité de matiére. Or la tendance à tomber eſt égale dans tous les corps, comme nous l'avons prouvé dans la Leçon précédente; & dans toutes les parties d'une liqueur homogène, la maſſe eſt la même ſelon notre ſuppoſition; ainſi les couches ſupérieures ne peuvent déplacer celles qui ſont au-deſſous, parce que celles-ci ont autant de force pour reſter où elles ſont, que celles-là peuvent en employer pour les déplacer.

VII. LEÇON.

Qui dit équilibre, dit repos; cependant je ne prétends exclure ici d'autre mouvement que celui qui viendroit de la peſanteur plus grande d'une part que d'une autre. Pluſieurs Phyſiciens prétendent que les parties des liquides ſe meuvent continuellement: s'ils entendent par ce mouvement celui que la chaleur entre-

VII. LEÇON.

tient dans tous les corps, il n'eſt guère poſſible de le leur conteſter; & nous ferons voir ailleurs qu'il eſt très-compatible avec l'équilibre dont il s'agit maintenant; mais ſi l'on veut que ce ſoit une qualité affectée aux liqueurs en tant que telles, j'avoue que je ne connois aucun phénoméne qui m'oblige à recevoir cette ſuppoſition; & je penſe qu'on ne doit pas, ſans de bonnes raiſons, ſuppoſer un mouvement actuel, où peut ſuffire une mobilité de parties qui eſt inconteſtable. Paſſons aux preuves de notre propoſition.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un ſiphon renverſé, tel qu'il eſt repréſenté, par la *Fig.* 6. il faut verſer de l'eau colorée, du vin, ou du mercure, &c. & poſer le ſupport ſur un plan bien horizontal.

EFFETS.

La liqueur s'éléve également dans les deux branches en même tems.

EXPLICATIONS.

La partie inférieure du ſiphon étant pleine, s'il s'éléve dans l'une des deux branches une colonne de liqueur comme *AB*, ſon poids s'exerce ſur la partie *B C* qui eſt mobile, la ſollicite à s'élever dans l'autre branche, & cet effort eſt vaincu par le poids d'une colonne ſemblable *CD*; ainſi puiſque *CD* & *AB* qui ſont de même longueur, ſe ſoutiennent mutuellement, on peut conclure que les parties ſemblables d'une même liqueur ſont en équilibre entre elles.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le canal *EF*, *Fig.* 7. par le moyen d'un robinet qui eſt au milieu, ouvre une communication entre le grand vaiſſeau *G H*, & le tuyau montant *E I*. Ce tuyau eſt ajuſté en *E*, de façon qu'on peut l'ôter, & mettre en ſa place un autre tuyau *K* qui s'éléve obliquement, ou *L* qui a pluſieurs ſinuoſités, & l'on emplit le grand vaſe juſqu'en *G H*, avec une liqueur colorée.

VII. LEÇON.

EFFETS.

Dès qu'on a tourné le robinet pour ouvrir la communication entre le grand vaisseau G H, & le tuyau montant E I, la liqueur s'éléve jusqu'en I; & cet effet est toujours le même, soit que le tuyau soit droit & perpendiculaire, soit qu'il soit oblique ou tortu.

EXPLICATIONS.

Quand on compare des liqueurs par rapport à leur poids dans des vaisseaux qui communiquent, ce ne sont point les quantités contenues de part & d'autre qu'il faut comparer, mais les colonnes qui se touchent par leurs bases au trou de communication. Dans notre expérience, par exemple, c'est le trou de la clef du robinet qui mesure la base de ces colonnes; or comme ce trou est commun aux deux, quelque quantité de liqueur qu'il y ait dans le grand vase, il n'y a jamais qu'un filet capable de passer par ce trou, qui y exerce sa pression: le reste est porté tant sur le fond, que sur les parois inclinées du

vaſe ; il n'eſt donc point étonnant qu'une petite colonne d'eau contrebalance cette preſſion dans le tuyau, & ne s'éléve pas plus haut que la ſurface *G H. Fig.* 7. VII. LEÇON.

Si le tuyau montant eſt incliné en un ſens commun *K*, ou en pluſieurs comme *L*, il faudra une plus grande quantité de liqueur pour faire équilibre à la preſſion qui vient du grand vaſe, parce que tous les corps qui péſent par des plans inclinés, perdent une partie de leur poids, & que le filet de liqueur qui péſe en *E*, eſt capable d'en porter un ſemblable à la hauteur *E I*, quelque chemin qu'il tienne.

APPLICATIONS.

Quand l'eau d'une riviére, d'un étang, d'un lac, &c. pénétre par ſon propre poids dans la terre, ſi les canaux qu'elle y trouve, ou qu'elle ſe pratique avec le tems, prennent une forme ſemblable à la *Figure* 6. quelque diſtance qu'il y ait entre *A D*, quelque diſpoſition que prenne le terrein entre *B C*, l'eau remonte auſſi haut que le lieu d'où elle eſt deſcen-

VII. LEÇON.

due. On ne doit donc pas regarder comme un phénoméne inexplicable, une ſource qui fait naître ou qui entretient une piéce d'eau conſidérable ſur une montagne fort élevée ; c'eſt qu'elle vient de quelque endroit encore plus haut ; & quoiqu'on n'en connoiſſe point de tels à 40 ou 50 lieues de diſtance, ce n'eſt point une raiſon pour rejetter cette explication.

Si l'on a deſſein de conduire l'eau par ſa propre peſanteur, il ne faut pas, comme l'on voit, ſe flater d'y réuſſir, ſi le lieu où elle eſt, ſe trouve plus bas que celui où l'on veut qu'elle vienne ; il ne ſuffiroit pas même que les deux lieux fuſſent de niveau, parce qu'il faut de la pente pour vaincre la réſiſtance des frottemens. C'eſt pourquoi dans tous les aqueducs, dans les tuyaux de conduite, dans les canaux où l'on veut qu'il y ait écoulement, on donne ordinairement $\frac{1}{2}$ ligne d'inclinaiſon par toiſe.

On ne doit pas non plus déſeſpérer de conduire l'eau où l'on veut, quoiqu'on ſoit obligé de la faire paſſer par des endroits beaucoup plus

bas que celui où l'on a deſſein qu'elle aille, pourvû que celui-ci ne ſoit pas auſſi élevé que la ſource d'où elle part. L'eau qui ſe diſtribue dans les jardins, dans les maiſons de Paris, & que l'on fait monter juſques dans les appartemens pour l'uſage des garderobes, vient par des tuyaux enterrés ſous le pavé des rues; mais cette eau qu'ils amènent arrive de quelque édifice public, des réſervoirs du Pont Notre-Dame, de la Samaritaine, &c. qui ſont plus élevés que les lieux de ſa deſtination, ſoit par eux-mêmes, ſoit par la diſpoſition du terrein. VII. Leçon.

Tout le monde ſçait que la ſurface des liqueurs eſt un plan horizontal, quelque forme que puiſſe avoir le vaiſſeau qui les contient. C'eſt une ſuite néceſſaire de l'équilibre de leurs parties; car ſi les colonnes *GM*, *OP*, *HN*, *Fig.* 7. exercent l'une contre l'autre des preſſions égales à la hauteur *MN*, où elles rencontrent les parois du vaiſſeau, étant d'une même matiére, il faut qu'elles ayent à compter de-là, des volumes égaux, & par conſéquent que leurs extrêmités d'en-

VII. LEÇON.

haut se trouvent dans la même ligne *G H*.

Mais ce plan que représente la surperficie des liqueurs, n'en est un que pour nos sens. Car lorsque la surface des eaux a beaucoup d'étendue, par le même principe il est prouvé qu'elle est convexe, & l'expérience est parfaitement d'accord avec la théorie.

Il n'y a personne qui ait été dans un port, ou qui ait voyagé sur mer, qui n'ait dû remarquer qu'on apperçoit les mâts d'un vaisseau qui aborde, avant qu'on puisse voir le corps du bâtiment; comme aussi en approchant d'une ville, on découvre les clochers & les toits avant que d'appercevoir le rez-de-chaussée des maisons. C'est que nous ne pouvons voir qu'en ligne droite, & que la convexité de la mer interrompt le rayon visuel qui vient du corps du vaisseau à l'œil du spectateur, à une distance où le rayon qui vient du mât est libre, comme on le peut voir par la *Figure* 8.

En effet, si les colonnes d'eau qui composent la mer en vertu de leur pesanteur égale, doivent avoir leurs

leurs extrémités supérieures *a*, *b*, *c*, également distantes du centre de la terre *d*, qui est le centre commun de tous les corps graves, elles ne peuvent pas se ranger dans un plan représenté par la ligne *e f*, il faut nécessairement qu'elles composent une surface convexe, qui ait son centre en *d*, *Fig.* 9.

VII. LEÇON.

Enfin il suit encore de cet équilibre des parties d'une même liqueur, que de plusieurs réservoirs qui communiquent, il n'en faut voir qu'un pour juger à quelle hauteur est la liqueur dans les autres. Car quand on me cacheroit une des deux branches du siphon de la *Figure* 6. ou le grand vaisseau de la *Figure* 7. en conséquence du principe établi, la liqueur élevée en *A* ou en *I*, m'apprendroit infailliblement qu'elle est à une semblable hauteur de l'autre part. Je sçaurai donc combien il reste de vin dans un tonneau, si je puis seulement joindre au robinet un tuyau montant comme *EI*, *Fig.* 7.

Non-seulement on peut connoître, de cette maniére à quelle hauteur est une liqueur dans des vaisseaux opa-

VII. LEÇON.

ques ou inacceſſibles, mais on peut auſſi s'en ſervir pour les emplir. Car ſi l'on verſe de la liqueur dans le tuyau *I*, elle ne pourra s'y ſoutenir que par le contrepoids d'une colonne ſemblable dans le grand vaſe *GH*. Mais cette colonne ne peut s'y élever, & ſe ſoutenir toute ſeule ; à meſure qu'elle commencera, elle s'écroulera par ſon propre poids & par la fluidité de ſes parties, & elle ne parviendra à la hauteur *O*, qu'autant que le vaſe s'emplira pour la ſoutenir latéralement.

V. PROPOSITION.

LES liqueurs exercent leur preſſion tant perpendiculaire que latérale, non en raiſon de leur quantité, mais en raiſon de leur hauteur au-deſſus du plan horizontal, & de la largeur de la baſe qui les ſoutient.

C'eſt-à-dire, que ſi l'on conſerve la hauteur & le fond du vaiſſeau toujours les mêmes, on pourra changer indifféremment ſa forme & ſa capacité ; de ſorte qu'une certaine quantité d'eau, par exemple, pourra faire un effort 200 ou 300 fois plus ou

Fig. 8.

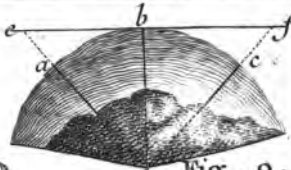


Fig. 9.

Fig. 7.

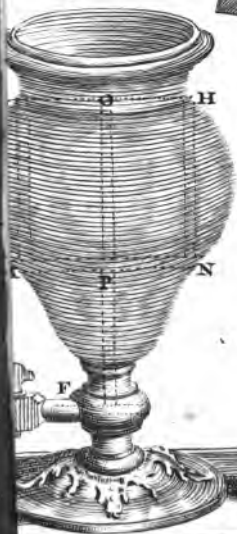
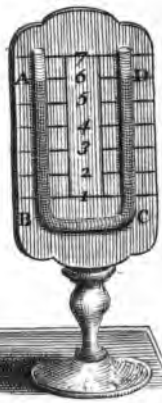


Fig. 6.



moins grand, ſelon la maniére dont elle ſera employée : propoſition paradoxe, mais très-certaine, & d'autant plus importante, qu'elle influe ſur preſque toutes les machines hydrauliques. VII. LEÇON.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur les deux petits côtés de la cuvette *AB*, *Fig.* 10. s'élévent deux montans *AC*, *BD*, creuſés par dedans en couliſſes, pour recevoir les deux pieds de la piéce *EF*, qui, par ce moyen, hauſſe & baiſſe, & ſe fixe où l'on veut avec les deux vis *C*, *D*. En *E* & en *F*, ſont deux petits pilliers ouverts par le haut en fouchettes, pour recevoir deux lèviers, *G*, *H*, terminés de part & d'autre par deux portions de poulies, dont les gorges ont pour centre celui du mouvement dans la fourchette.

Au fond de la cuvette eſt attaché un trépied de fer, qui porte un cylindre creux de métal *IK*, dans lequel gliſſe un piſton qui a peu de frottement. Ces deux piéces enſem-

ble ſont repréſentées par la *Figure* 11.

VII. LEÇON.

Le cylindre reçoit à vis pluſieurs vaiſſeaux de verre, repréſentés par les *Figures* 10. 12. & 13. garnis par le bas, d'une virole de cuivre, & par le haut, d'une large cuvette. La hauteur de tous ces vaiſſeaux eſt égale, mais leurs figures & capacités ſont, comme l'on voit, fort différentes.

Quand un de ces vaiſſeaux eſt adapté au cylindre, comme on le peut voir par la *Figure* 10. deux poids *L*, *M* qui tirent ſur les leviers, tendent à élever perpendiculairement le piſton, par le moyen d'une verge de métal *N*, & d'un double cordon attaché en *G* & en *H*, & qui traverſe une mortaiſe pratiquée à la piéce *E F*.

La *Figure* 14. repréſente une eſpéce de lanterne cubique de métal, garnie de glaces, à laquelle s'ajuſte le cylindre de la *Figure* 11. & quelqu'un des vaiſſeaux de verre dont nous avons parlé; au fond de la lanterne eſt fixée une poulie *O*, qui renvoie un bout de chaîne du piſton à la tige *N*, de ſorte que cette piéce étant placée ſur le trépied dans

la cuvette, le jeu des leviers fait mouvoir le piſton dans une direction horizontale.

La cuvette *A B* eſt doublée de plomb ; les piéces qui ſont en fer, ſont vernies; celles qui ſe joignent à vis, ont des anneaux de cuirs gras interpoſés ; le piſton eſt le plus libre qu'il eſt poſſible ; & les poids *L* & *M*, ſont deux petits ſeaux ou deux baſſins de balances, que l'on peut charger plus ou moins ; & l'on a pratiqué en *K* une eſpéce de robinet pour l'écoulement de l'eau.

EFFETS.

Si l'on remplit d'eau le vaiſſeau cylindrique, quand il eſt monté à la machine, comme on le voit par la *Figure* 10. & que les poids *L*, *M*, ſoient tels, qu'ils enlévent à peine le piſton ; le même effet ſubſiſte, quoiqu'on ſubſtitue à ce vaiſſeau ceux des *Figures* 12. & 13. dont les capacités ſont très-différentes.

Les mêmes poids ſont encore néceſſaires & ſuffiſans, ſi l'on place ſur le trépied les piéces qui ſont repréſentées par la *Figure* 14. & que l'on

VII. LEÇON.

mette de l'eau à la même hauteur que dans les expériences précédentes, à compter du dessous de la petite poulie de renvoi O.

EXPLICATIONS.

Pour mouvoir le piston de bas en haut, il y a deux sortes de résistances à vaincre; sçavoir, celle de son frottement dans le cylindre, & celle du poids de l'eau. La première ne doit point varier, quand on fait les expériences de suite, puisque c'est le même piston & le même cylindre. Si l'on n'est point obligé d'augmenter, & qu'on ne puisse pas non plus diminuer les poids, lorsqu'on emploie le plus grand ou le plus petit des trois vaisseaux, pourvû que l'eau soit toujours à même hauteur; c'est donc que les liquides, comme nous l'avons énoncé dans notre proposition, ne pesent pas sur le fond de leur vase en raison de la quantité, mais selon la largeur de ce fond, & leur hauteur perpendiculaire.

Et puisqu'il faut, pour tirer le piston horizontalement, autant de force que pour soulever la même quan-

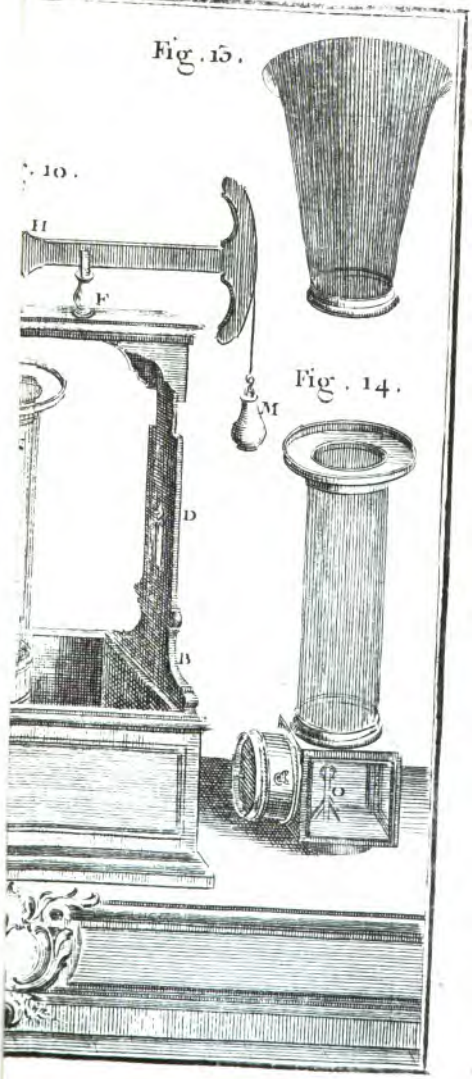


Fig. 15.
10.
H
F
Fig. 14.
M
D
B
G
O

tité d'eau dans une direction verticale, c'eſt une preuve que la preſſion latérale des liqueurs équivaut à celle qui ſe fait perpendiculairement à même hauteur. VII. LEÇON.

Ces faits, tout ſurprenans qu'ils paroiſſent, ſont inconteſtablement prouvés par les expériences que nous venons de rapporter ; mais ils ne ſont point expliqués. S'il eſt utile de les ſçavoir, il n'eſt pas moins curieux d'en connoître la cauſe ; & c'eſt pour tâcher de la dévoiler, que nous allons examiner comment la choſe ſe paſſe dans chacun des vaiſſeaux: commençons par le plus ſimple.

La maſſe cylindrique d'eau qui eſt dans le vaiſſeau *I K N*, peut être conſidérée de deux maniéres, ou comme un faiſceau de petites colonnes contenues ſous une enveloppe commune, ou comme des tranches orbiculaires poſées en pile les unes ſur les autres : voyez la *Fig.* 15. de quelque façon qu'on la conſidére, il eſt évident que la baſe *a b* eſt chargée de la ſomme totale, ou des colonnes ou des tranches, & que ſi l'on connoît ſeulement le poids d'une

VII. LEÇON.

d'entre elles, on ſçaura le poids de toute la maſſe, parce que la largeur de la baſe donne le nombre des colonnes, ou bien la hauteur de l'eau au-deſſus de la baſe, détermine celui des tranches. D'où il ſuit que dans un vaiſſeau cylindrique poſé perpendiculairement à l'horizon, les liqueurs, eu égard à la baſe, ne péſent pas autrement que les ſolides.

Dans le vaſe repréſenté par la *Fig.* 13. dont la coupe, ſelon l'axe, ſe voit en la *Fig.* 16. il eſt encore facile de voir que la baſe *c d* ne porte que les colonnes qui repoſent perpendiculairement deſſus, les autres étant ſoutenues par les parois, comme par des plans inclinés. Si *c d* eſt égal à *a b* de la *Fig.* 15. il eſt donc viſible que ces deux baſes ſont également chargées. La fluidité fait ici quelque choſe; car c'eſt parce que la partie *c e f d* peut ſe mouvoir, & exercer ſa peſanteur indépendamment du reſte de la maſſe, qu'elle charge la baſe de ſon poids. Si cette maſſe totale étoit compoſée de tranches orbiculaires, mais ſolides, comme *g h*, *i k*, &c. il eſt aiſé de voir qu'elle ſeroit

toute soutenue sur les côtés du vase, & que le fond *c d* ne porteroit que la derniére tranche infiniment mince. VII. LEÇON.

Enfin, comment se fait-il que la base du vase représenté par la *Fig.* 12. soit aussi chargée que celle des deux autres? Puisqu'il il n y a que la petite colonne *n n*, *Fig.* 17. qui ait toute sa hauteur, les parties voisines *oo*, doivent elles être également comprimées?

Que ces parties du vase soient pressées, cela s'entend facilement, puisqu'elles portent une partie du fluide qui est pesant, & nous avons expliqué par la *Fig.* 4. comment non-seulement celles-ci, mais encore toutes les autres *p p*, *q q*, *Fig.* 17. participent à cette pression; mais qu'elles soient autant pressées que la partie *n*, c'est ce qu'on a peine à concevoir. On voit bien en effet que la colonne *n n* doit communiquer sa pression en *o* & en *q*, par les globules qu'elle tend à écarter; mais comme la force avec laquelle elle agit sur ces deux parties, a une direction oblique sur l'une & sur l'autre, & qu'une force qui s'éxerce obliquement, n'est point égale à celle qui est directe, il semble que

VII. LEÇON.

la preſſion en *p* & en *q* ne peut jamais égaler celle qui ſe fait en *n*.

Il faut convenir auſſi que cette égalité n'eſt pas démontrée à la rigueur ; mais l'expérience n'y laiſſe appercevoir aucune différence, & l'on concevra que celle qui peut y être, eſt infiniment petite, ſi l'on fait attention à ces deux choſes : 1°. Que les molécules des corps liquides ſont très-petites. 2°. Qu'elles ne ſe touchent point d'auſſi près, que quand les cauſes de la liquidité viennent à ceſſer : avec ces deux principes, je crois qu'on peut rendre raiſon du fait en queſtion. Car ces parties des liquides étant infiniment petites, quand bien même elles ne ſeroient qu'infiniment peu écartées les unes des autres, l'action d'une de ces particules pouſſée entre deux autres, devient infiniment peu oblique, c'eſt-à-dire, preſque directe ; voyez la *Fig.* 18. Ce qui rend cette idée fort probable, c'eſt que la preſſion latérale, qui ne différe pas ſenſiblement de la preſſion perpendiculaire dans les liqueurs, eſt notablement moins grande dans les fluides

groſſiers, comme le ſable, les menus grains, le plomb à gyboyer, &c. & qu'elle diminue & ceſſe entiérement dans les matiéres qui paſſent de l'état de liqueur, à celui de corps ſolides. Ce qui n'arrive, ſans doute, que parce que les parties ſe rapprochent, ſe pelotonnent en molécules plus groſſiéres, & qu'au lieu de continuer d'agir les unes ſur les autres, comme le globule 1 ſur les deux qu'il touche, elles exercent une action plus oblique, comme le globule 2.

APPLICATIONS.

Les expériences que nous venons d'expliquer, nous conduiſent naturellement à dire quelque choſe des pompes; ce ſont de toutes les machines hydrauliques, celles dont l'uſage eſt le plus fréquent & le plus généralement utile: il eſt à propos d'en connoître au moins les principales parties, les principes ſur leſquels on doit régler leurs dimenſions, comment la force qu'on emploie, s'applique par leur moyen à vaincre la réſiſtance du fluide qu'on éléve, afin de n'être

VII. LEÇON.

point la dupe de ſon imagination, ou des fauſſes promeſſes de certaines gens, dont le génie naturel n'eſt point aſſez éclairé par les lumiéres de la théorie.

Les principales parties des pompes, ſont pour l'ordinaire des cylindres creux *AB*; ou *CD*, *Fig.* 19. faits le plus ſouvent de métal; des piſtons *E*, *F*, qui rempliſſent une portion du cylindre, & que l'on y fait mouvoir alternativement d'un bout à l'autre par le moyen d'une tige *G* ou *H*, au bout de laquelle on applique le moteur immédiatement, ou bien à l'aide d'un levier *I*, ou de quelque autre machine; des tuyaux montans comme *K*, *L*, pour conduire l'eau à la hauteur qu'on déſire; & enfin des *valvules*, *ſoupapes*, ou *clapets*, qui laiſſent paſſer l'eau dans un ſens, & qui l'empêchent de revenir en ſens contraire, comme on le peut voir à chaque fond des deux cylindres *B* ou *D*.

On peut diſtinguer en général deux ſortes de pompes, compoſées des parties que nous venons de nommer; ſçavoir, celles qu'on appelle *aſ-*

pirantes, & celles qui ſe nomment *foulantes*; nous ne dirons rien ici des premiéres, parce que, pour les entendre, il faut connoître quelques propriétés de l'air, dont nous n'avons point encore parlé; il ne s'agit donc maintenant que des derniéres, de celles où le piſton pouſſe immédiatement l'eau de haut en bas, ou de bas en haut. VII. LEÇON.

Dans le cylindre *AB*, par exemple, lorſqu'on éléve le piſton de *B* vers *A*, il laiſſe un vuide entre lui & le fond de la pompe, & l'eau du baſſin dans lequel elle eſt plongée, s'y éléve par la preſſion des colonnes voiſines, comme dans les tuyaux de la *Fig. 5.* & par une autre cauſe, que nous ferons bien-tôt connoître; lorſqu'enſuite on vient à baiſſer le piſton, l'eau retenue par un clapet qui eſt au fond du cylindre, paſſe à travers le corps même du piſton où l'on a pratiqué un canal, & un autre clapet en-deſſus, pour l'empêcher de retomber; ainſi quand on éléve le piſton pour la ſeconde fois, le deſſous s'emplit de nouveau, & l'eau qui étoit paſſée au-deſſus, eſt portée plus

VII. LEÇON.

haut ; en continuant ainſi, l'on parvient à remplir le tuyau montant, & ce qu'on fait après, eſt autant d'eau dont on peut diſpoſer. Dans l'autre pompe *CD*, dont le corps eſt entiérement plongé, l'eau tombe d'elle-même, & paſſe à travers du piſton, pour remplir l'eſpace qu'il laiſſe vuide, quand on l'éléve ; & lorſqu'on vient à le preſſer en en-bas, le trou ſe bouche par un clapet qui eſt à ſa baſe, & l'eau eſt obligée de paſſer dans le tuyau *K*, d'où elle ne peut retomber parce qu'il y a en-bas une autre ſoupape qui la retient. En réïtérant donc les coups de piſton, ce tuyau montant ſe remplit, & fournit enſuite de l'eau à la hauteur où il finit.

Dans l'une & dans l'autre de ces deux machines, il eſt facile d'évaluer la réſiſtance qui vient du poids de l'eau qu'on éléve : car ſelon les principes établis ci-deſſus, & les expériences que nous avons employées pour les prouver, quelque forme que prenne la colonne du fluide, on aura ſa juſte valeur, en multipliant la largeur de ſa baſe qui eſt celle du piſton même, par la hauteur perpen-

Fig. 17.
Fig. 18.
2
1
m
q
q
p
p
o
n
g
1
19.

diculaire du tuyau montant. Dans l'une de nos deux pompes la colonne d'eau repoſe ſur le piſton que l'on tire, dans l'autre elle réſiſte au piſton que l'on pouſſe, & c'eſt préciſément la même choſe, quant à la force qu'il faut employer. En ſuppoſant donc un piſton de telle largeur, que la colonne d'eau, dont il eſt la baſe, péſe 20 livres par pied, le tuyau montant, ne fût-il que d'un pouce de diamétre, s'il a 20 pieds de haut, la ſomme de la charge contre le piſton ſera 400, produit de 20 multiplié par 20, comme ſi la colonne d'eau étoit dans toute ſa longueur d'un diamétre égal à celui de ſa baſe. VII. LEÇON.

On ne gagne donc rien, comme l'on voit, à faire des tuyaux menus pour conduire l'eau d'une pompe; on y perd au contraire par l'augmentation des frottemens; car nous avons fait voir dans la troiſiéme Leçon *, que cette eſpéce de réſiſtance, toutes choſes égales d'ailleurs, croît comme les ſurfaces, & que la ſuperficie intérieure d'un petit tuyau, par rapport à la ſolidité du contenu, excéde celle d'un plus gros.

* Page 153.

VII. LEÇON.

Puiſqu'une colonne de liqueur fort menue peut exercer une grande preſſion, lorſqu'elle aboutit à une large baſe, on ne doit pas s'étonner que quelques pintes d'eau faſſent crever un tonneau plein, quand on les éléve perpendiculairement ſur le trou de la bonde dans un tuyau fort long : car alors cette colonne ayant la largeur du tonneau pour baſe, elle a la même force, que ſi dans toute ſa longueur elle avoit cette même largeur. Mais ceux qui ſeroient curieux de répéter cette expérience, doivent être avertis que les tonneaux ordinaires, dans leſquels on met le vin à Paris & aux environs, ſont capables d'une réſiſtance beaucoup plus grande qu'on ne le pourroit croire ; 20 pieds de tuyaux ne m'ont quelquefois point réuſſi pour faire crever un demi-muid; le muid créve plutôt, parce qu'il fournit une plus large baſe.

Les écoulemens qui ſe font de vaiſſeaux percés au-deſſous de la ſuperficie de la liqueur à ouvertures égales, ont d'autant plus de viteſſe, que la liqueur eſt plus haute au-deſſus du trou, parce que la partie du fluide qui

qui s'écoule actuellement, est pressée par le poids d'une colonne plus longue ; c'est pourquoi les jets d'eau s'élévent & dépensent d'autant plus, que leurs réservoirs sont plus hauts ; & la hauteur du jet diminue aussi à mesure que ces réservoirs se vuident. De-là vient encore qu'un vaisseau dont la capacité est uniforme, comme un cylindre, un prisme, &c. posé sur sa base, ne se vuident pas également en tems égaux, si l'écoulement se fait par en-bas. Les quantités pour chaque tems vont en diminuant, à mesure que s'abaisse la superficie du liquide qui s'écoule; c'est par cette raison que dans les réservoirs publics, où l'eau se distribue selon les concessions faites aux particuliers, on doit avoir soin que le bassin d'où elle part, soit toujours également plein. VII. LEÇON.

Avant que l'horlogerie fût aussi parfaite, & d'un usage aussi commun qu'elle l'est présentement, on étoit fort dans l'usage de mesurer le tems, par l'écoulement de quelque liqueur, ou de quelque fluide ; la *clepsidre* & le *sable* ne sont autre chose que des vaisseaux dont une partie se vuide d'eau,

VII. LEÇON.

ou de quelque poudre fine, pendant un certain tems; mais ces ſortes d'inſtrumens ne peuvent jamais être bien parfaits, parce qu'en général la vîteſſe des écoulemens dépend non-ſeulement de la hauteur perpendiculaire du fluide, qui eſt ce que nous avons principalement en vûe ici, & qu'on peut aiſément meſurer, mais encore de la quantité des frottemens, du dégré de fluidité & de denſité, qui ſont variables, & qu'il eſt difficile d'évaluer.

II. SECTION.

De la peſanteur & de l'équilibre de pluſieurs Liqueurs, dont les denſités ſont différentes.

NOUS avons donné au commencement de la premiére Section une idée des liqueurs en général, en les repréſentant comme un amas de petits corps ſolides, très-durs, indépendans les uns des autres, peſans ſéparément & à proportion de leurs petites maſſes: tout ce que nous

avons à ajouter à cette description, pour faire entendre comment se comportent dans le même vaisseau deux liqueurs de densités différentes, c'est que ces petits corps qui les composent, sont eux-mêmes des assemblages de parties plus subtiles, fortement liées & adhérentes entre elles; la densité de ces petites masses étant plus ou moins grande, leurs figures & leurs grandeurs occasionnant plus ou moins de vuide dans leur assemblage, on conçoit bien qu'il en doit résulter des fluides ou des liqueurs plus ou moins denses. VII. LEÇON.

Quand on compare plusieurs liqueurs par rapport à leurs poids, ou la comparaison se fait entre des volumes d'une grandeur sensible, comme lorsqu'on pése de l'eau contre de l'huile, ou contre du mercure, dans des vaisseaux séparés; ou bien ce sont les parties mêmes que l'on compare ensemble, comme lorsqu'on mêle de l'eau avec du vin, ou avec de l'air: de quelque façon que cela se fasse, la pesanteur exerce ses droits comme ailleurs; mais la fluidité donne lieu à des effets particuliers que nous allons examiner.

PREMIERE PROPOSITION.

VII. LEÇON.

La différence du poids, ou de la denſité, ſuffit pour ſéparer les parties de deux liqueurs qu'on a mêlées enſemble, ſi d'autres cauſes plus fortes n'empêchent cet effet.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un vaſe de verre diviſé en deux parties, qui communiquent par un petit canal d'une ligne & demie de diamétre, *Fig.* 20. il faut mettre d'abord du vin rouge juſqu'en *A*, & achever de l'emplir avec de l'eau, & l'expoſer en quelque endroit où il ne ſoit point agité.

EFFETS.

De l'extrémité du canal *A* on voit auſſi-tôt s'élever une petite colonne de vin, qui ſe répand enſuite ſur la ſuperficie de l'eau; & peu-à-peu tout le vin paſſe ainſi à la place de l'eau, & celle-ci à la place du vin.

EXPLICATIONS.

VII. LEÇON.

Les particules qui compoſent la maſſe d'eau, étant plus peſantes que celles du vin, font plus d'effort pour occuper le fond du vaſe, que celles-ci n'ont de force pour leur réſiſter; de-là il arrive qu'une colonne d'eau, capable d'occuper à-peu-près la moitié du canal *A*, prend ſon cours de haut-en-bas, & qu'une pareille quantité de vin s'éléve en même tems de bas-en-haut: & comme ces colonnes d'eau & de vin, à meſure qu'elles paſſent, ſe réparent continuellement aux dépens de la maſſe dont elles font partie, à cauſe de ſa fluidité; il arrive enfin que toute l'eau ſe trouve où étoit le vin avant l'expérience, & que le vin eſt obligé d'occuper la partie du vaſe la plus élevée, parce que deux corps ne peuvent pas être en même tems dans le même lieu, comme nous l'avons fait voir dans la troiſiéme Leçon *, en parlant de l'impénétrabilité de la matiére,

* 3. Sect. N. 71. & ſ.

II. EXPERIENCE.

VII. LEÇON.

PREPARATION.

La phiole cylindrique qui eſt repréſentée par la *Fig.* 21. contient 5 fluides différens ; ſçavoir, 1. du mercure. 2. de l'huile de tartre, 3. de l'eſprit-de-vin, 4. de l'eſprit de térébenthine, 5. & de l'air.

EFFETS.

Quand le vaſe eſt en repos, toutes ces matiéres occupent les places qui conviennent à leur peſanteur ſpécifique ; c'eſt-à-dire, que le mercure ſe tient au fond, l'huile de tartre immédiatement au-deſſus, après celle-ci l'eſprit-de-vin, l'eſprit de térébenthine enſuite, l'air au-deſſus de tout ; & ſi l'on renverſe pluſieurs fois la phiole en l'agitant, dès qu'on la repoſe, chacune de ces liqueurs reprend ſa place, mais le mercure & l'huile de tartre plus promptement que les autres.

EXPLICATIONS.

Ces cinq fluides différent plus entre eux, que le vin & l'eau de l'expé-

rience précédente, non-seulement par leurs pesanteurs spécifiques, mais encore par leur nature ; ce qui fait, sans doute, qu'en les agitant ensemble, ils ne se divisent point, & ne se mêlent point autant que d'autres liqueurs qui seroient plus analogues ; c'est par la même raison, que le mercure & l'huile de tartre se démêlent plus vîte que les autres.

APPLICATIONS.

Les vaisseaux propres à exécuter ces sortes d'expériences, peuvent recevoir différentes formes, & se disposer de diverses manières. On peut, par exemple, cacher la capacité inférieure, qui contient le vin de la première expérience, dans un petit piédestal, ou autrement, *B* ; *Fig.* 20. en ne laissant ainsi appercevoir que la partie du vase où l'on met l'eau, il semble à ceux qui ne connoissent point ces effets, que l'eau se change en vin ; c'est ainsi que l'on trompe quelquefois les yeux par de petits artifices, qui perdent tout leur merveilleux, quand on en connoît les causes. Nous n'en parlons que pour ap-

VII. LEÇON.

prendre à ſuſpendre ſon jugement dans les choſes que l'on ne conçoit pas d'abord, & à ne pas regarder comme ſurnaturels des effets qui ſurprennent, & dont la cauſe phyſique ne s'apperçoit pas.

Les matiéres graſſes, animales, végétales ou minérales, étant pour l'ordinaire compoſées de molécules moins denſes que celles de l'eau, s'en dégagent, lorſqu'elles y ſont mêlées, & le plus ſouvent l'on n'emploie pas d'autre moyen, pour les en ſéparer, que de leur donner le tems de ſurnager, c'eſt ainſi qu'on ſépare la crême du lait.

On remarque ſouvent à la ſuperficie des eaux croupies des taches luiſantes, qui font paroître des couleurs d'iris, quand on les regarde dans certains ſens; ce ſont des parties graſſes, ſalines, ou ſulfureuſes, qui ſe ſont élevées du fond, comme il arrive dans les terreins bitumineux; ou qui ſe ſont démêlées de l'intérieur de l'eau, ce qui ne manque guère d'arriver dans les baſſins où l'on va laver le linge. Mais ſi une goutte d'huile, une parcelle de graiſſe, s'éléve au-deſſus

au-dessus de l'eau, la même chose doit arriver, & arrive en effet, quand il y en a une plus grande quantité : ainsi, plus un animal est gras, toutes choses égales d'ailleurs, plus il a d'avantage pour nager. Un bœuf, ou un cochon, à cet égard, court donc moins de risque de se noyer, qu'un levrier, ou tout autre animal.

Nous pourrions encore citer ici pour exemple, l'ascension des vapeurs & des exhalaisons ; mais nous avons prévenu cette application, en faisant connoître dans la Leçon précédente, que la fumée & la flamme, suivant l'opinion commune, ne s'élévent dans l'air que par une légéreté respective, qui n'est, à proprement parler, qu'une moindre pesanteur, comme l'air s'éléve dans l'huile, l'huile dans l'eau, l'eau dans le mercure.

Quoiqu'une liqueur plus légere soit capable de s'élever au travers d'une liqueur plus pesante, il y a pourtant telle circonstance où cet effet n'a point lieu. L'eau & le vin, par exemple, que nous avons employés dans notre premiére expérience, ne se séparent point, quand on les a versés brusque-

VII. LEÇON.

ment l'un sur l'autre. L'huile & l'eau battues ensemble avec l'air qui s'y mêle, perdent leur fluidité, le blanc d'œuf & la crême fouettée font la même chose, & ces sortes de mêlanges subsistent assez long-tems.

Tous ces exemples prouvent seulement, qu'il y a des causes qui s'opposent aux effets de la pesanteur dans la séparation des fluides mêlés, & que ces causes peuvent devenir prédominantes; mais elles ne détruisent point notre proposition. Il faut se souvenir ici de ce que nous avons dit des frottemens dans la troisiéme Leçon. Cette sorte de résistance s'augmentant à mesure que les surfaces se multiplient, les liqueurs mêlées peuvent être divisées en si petits volumes, que l'une touche l'autre par trop d'endroits, & que la différence de leurs pesanteurs, qui seroit la cause de leur désunion, n'égale pas le frottement, ou (ce qui est la même chose,) la difficulté qu'elles ont à se séparer. C'est par cette raison que le vin, presque aussi pesant que l'eau par lui-même, quand il est fort divisé par une chûte trop brusque, demeure dans l'eau, comme il

s'y trouve ; au lieu que si par la forme du vase, ou par la façon de le verser, on met en opposition des volumes plus considérables, & qui ayent moins de surface par rapport à leur solidité, il arrive le plus souvent que le frottement céde à la pesanteur de l'eau. C'est encore par la raison des frottemens augmentés par la division des parties, que l'huile & le vin deviennent *onguent*, que le blanc d'œuf, la crême, &c. demeurent en mousse ; car l'air y est si divisé, & son mêlange avec ces liquides est si intime, que sa légéreté ne suffit plus pour l'en dégager. Ajoutez à ces raisons deux autres causes qui rendent encore la séparation des parties difficiles ; c'est la viscosité qui est plus ou moins grande dans une matiére que dans une autre, mais dont aucune n'est parfaitement exempte ; & l'analogie qui se trouve souvent entre deux liqueurs & qui consiste vraisemblablement dans une certaine convenance de figures, de grandeur, ou de surface. L'esprit-de-vin mêlé avec l'eau ne s'en sépare plus ; & l'huile de térébenthine, qui n'est guère plus légére, ne fait pas la même chose.

VII. LEÇON.

II. PROPOSITION.

Plusieurs liqueurs ou plusieurs fluides, quoique de natures différentes, pésent les uns sur les autres en raison de leurs densités & de leur hauteur.

Cette proposition n'a besoin ni d'explication, ni de preuves; car si toute liqueur est pesante, par la raison seule qu'elle est matiére, ajouter une liqueur sur une autre, c'est ajouter un poids à un autre poids, & quand l'un des deux seroit plus petit que l'autre, il n'a pas moins une valeur réelle qui doit être comptée dans la somme. Si l'on a dessein de charger le fond d'un vaisseau cylindrique de deux livres de liqueur, & qu'on commence par y verser une livre d'eau, on pourra certainement achever la charge avec de l'huile; celle-ci étant moins pesante, il en faudra un plus grand volume, mais son poids ne contribuera pas moins à la pression qu'on s'est proposée.

III. PROPOSITION.

Deux liqueurs de denfités différentes sont en équilibre, lorsqu'ayant la même

base, leurs hauteurs perpendiculaires à l'horizon sont en raison réciproque de leurs densités ou pesanteurs spécifiques.

III. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

E C D, *Fig.* 22. est un siphon renversé, dans lequel on verse du mercure, jusqu'à ce que la surface de part & d'autre soit d'un demi-dégré plus élevée que la ligne *C D* ; après quoi l'on verse de l'eau colorée dans la branche *C E*.

EFFETS.

Lorsque la colonne d'eau mesure 14 dégrés, le mercure se trouve d'un dégré plus élevé dans la branche *D*, que dans l'autre.

EXPLICATIONS.

Le mercure chargé d'un côté par la colonne d'eau, s'éléve dans l'autre branche jusqu'à ce qu'il soit en équilibre avec la liqueur qui le presse ; quand il cesse de monter, sa hauteur au-dessus de son niveau égale la quatorziéme partie de celle de l'eau, &

VII. LEÇON.

l'on ſçait d'ailleurs que le poids de l'eau eſt à celui du mercure, comme 1 eſt à 14; il eſt donc évident que les hauteurs de ces deux liqueurs en équilibre, ſont en raiſon réciproque des denſités, puiſque l'eau ſe tient 14 fois auſſi haute, comme le mercure eſt 14 fois auſſi peſant.

APPLICATIONS.

La propoſition que nous venons de prouver, étant une fois reconnue pour vraie, il ſera aiſé de connoître le rapport de denſités de pluſieurs liqueurs, en comparant ainſi leurs hauteurs, lorſqu'elles ſeront en équilibre; car on conçoit bien qu'au lieu de mercure on pourroit mettre avec l'eau toute autre matiére liquide, comme de l'huile, de l'eſprit-de-vin, &c. & qu'on jugeroit de même par leur hauteur au-deſſus du niveau, de combien l'une ſeroit plus ou moins peſante que l'autre.

Comme on peut juger des denſités par la comparaiſon des hauteurs, on pourroit auſſi par l'élévation de la plus peſante des deux liqueurs, ſi l'on connoiſſoit les denſités, eſtimer

la hauteur de la plus légère en tel cas où l'on ne pourroit la mesurer. Si, par exemple, un plongeur avoit au fond de l'eau un siphon renversé avec du mercure, sur lequel la pression de l'eau agit seule, & seulement par une des deux branches, dès qu'il verroit le mercure élevé d'un pied, il pourroit conclure en toute sûreté que la colonne d'eau qui presse, a 14 pieds de hauteur.

VII. LEÇON

Nous sommes sur la terre comme les poissons qui rampent au fond de la mer, plongés dans un vaste fluide qui nous environne de toutes parts, & dont nous ne sçavons pas au juste la hauteur : accoutumés dès l'instant de notre naissance à la pression de l'air qui est égale & uniforme sur toute l'étendue de nos corps, nous ne la sentons point, parce qu'elle est continuelle; car sentir n'est autre chose que juger de notre état actuel, par comparaison à une autre qui a précédé : une sensation qui n'est jamais interrompue, à proprement parler, n'en est pas une. Aussi la connoissance de la pesanteur de l'air est-elle une découverte qui a encore tout le goût

VII. LEÇON.

de la nouveauté. Il y a à peine un siécle que l'on compte sur la pression de ce fluide ; avant ce tems-là bien loin de le croire pesant, plusieurs Philosophes l'avoient mis au rang des matiéres à qui ils attribuoient une légéreté absolue.

Ce n'est pas que la nature n'eût parlé par des faits qui avoient fixé l'attention des Sçavans ; mais ce qu'elle avoit dit avoit été mal interprété. On avoit vû avec admiration l'eau s'élever au-dessus de son niveau dans les pompes aspirantes ; on avoit remarqué que le piston d'une seringue ne pouvoit se tirer qu'à grande force, quand elle étoit bouchée par le bout. On voyoit avec surprise qu'un soufflet n'avoit son jeu libre, qu'autant qu'il étoit ouvert par son canon, que deux corps durs & polis comme le marbre, appliqués l'un à l'autre se séparoient très-difficilement, &c. « Mais » c'est, disoit-on, que la nature a un » amour secret pour le plein ; dès » qu'il y a quelque part défaut de ma» tiére, elle s'empresse d'y en por» ter ; en un mot, *la nature abhorre* » *le vuide.*

Ces mauvaises raisons si peu respectables, mais pourtant trop respectées dans des tems où la raison cédoit à l'autorité d'un nom célébre, ont retardé long-tems les progrès de la Physique. Galilée se paya, comme les autres, de l'horreur du vuide, tant qu'il n'en vit point les bornes; mais s'étant assuré par des épreuves, que l'eau ne pouvoit monter qu'à trente-deux pieds dans les pompes aspirantes, & que le reste du tuyau, s'il étoit plus long, demeuroit vuide, il se révolta enfin contre cette manière de philosopher; & bien loin de penser, comme auroit pû faire quelqu'autre, que l'horreur du vuide avoit ses limites au-delà desquelles elle se tournoit en indifférence, il commença à croire que ces sortes de phénomènes avoient une cause physique bien différente de ce qu'on avoit imaginé jusqu'alors pour les expliquer. Ce qu'il avoit soupçonné, Toricelli, son Disciple, le mit en évidence. Ce Philosophe Italien fit voir le premier en 1643, qu'une colonne d'air prise dans l'atmosphére, se met en équilibre avec une colonne d'un autre

fluide qui a la même baſe. Cette ex-
VII. LEÇON. périence que nous allons répéter, prouva invinciblement la peſanteur de l'air, & reſtitua authentiquement à ce fluide un très-grand nombre d'effets naturels que l'on avoit attribués juſqu'alors à une cauſe purement chimérique.

IV. PROPOSITION.

L'air eſt un fluide peſant, & qui exerce ſa preſſion dans tous les ſens à la maniére des liqueurs.

Quoique nous ayons réſolu de traiter à part des propriétés de l'air, nous avons cru qu'il étoit à propos de placer ici ce qui regarde ſa peſanteur, parce que c'eſt une dépendance de l'hydroſtatique. Ce que l'air opére en qualité de fluide peſant, il le fait en conſéquence des principes de cette ſcience, & nous ne faiſons mention de lui en particulier, que parce que ſa gravité eſt une des plus curieuſes & importantes découvertes que l'on ait faites dans ces derniers tems. Mais nous n'y parlerons que de ſa peſanteur relative, remettant à traiter avec ſes autres propriés-

tés de sa pesanteur absolue, en répétant les expériences qui la prouvent directement.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On fait couler du mercure bien net dans un tube de verre qui a environ 3 pieds de longueur, & qui est fermé par un bout. Quand le tube est entiérement plein, on met le doigt dessus l'orifice pour le boucher, & après l'avoir renversé, on porte le bout qui est fermé avec le doigt, dans un vase qui contient du mercure, & l'on ôte le doigt. Voyez la *Figure* 23.

EFFETS.

Le tube ainsi plongé & ouvert par en-bas, se vuide en partie dans le vase ; mais il y reste une colonne de mercure qui a environ 27 pouces $\frac{1}{4}$ de hauteur.

EXPLICATIONS.

L'air étant une matiére, a, comme tous les autres corps, une gravité qui

VII. LEÇON.

a pour centre celui de la terre même; un corps grave, comme nous l'avons vû précédemment, agit par ſon poids ſur tout ce qui s'oppoſe à ſa chûte, ou qui lui ſert de baſe; ainſi quand une colonne d'air de l'Atmoſphère repoſe ſur quelque corps, elle le comprime ſelon toute la valeur de ſon poids. La ſuperficie du mercure dans le vaſe de notre expérience, eſt donc comprimée par le poids d'une colonne d'air, dont elle eſt la baſe; lorſqu'on applique à quelque endroit de cette ſuperficie comprimée, un tuyau qui contient une colonne de mercure plus peſante que la colonne d'air dont ſa baſe occupe la place, elle s'enfonce, & s'abaiſſe juſqu'à ce que ſa hauteur diminuée, mette ſon poids en équilibre avec la preſſion qui s'exerce ſur toutes les parties ſemblables de la ſurface du mercure où le tube eſt plongé.

Cette expérience ſeule aux yeux d'un homme entêté de l'horreur du vuide, n'eût guère eu plus de force que l'obſervation de Galilée ſur l'impuiſſance des pompes aſpirantes au

deſſus de 32 pieds; il ſe ſeroit encore fait illuſion en limitant l'amour de la nature pour le plein ; mais quel ſubterfuge peut-il reſter, quand on compare l'un & l'autre fait ? Quand on voit que les colonnes de liqueurs élevées ainſi au-deſſus de leur niveau, diminuent comme leurs denſités augmentent; quand on eſt aſſuré que la cauſe qui éléve l'eau à 32 pieds, ne peut ſoutenir le mercure qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$, & que l'on ſçait d'ailleurs que ces deux colonnes ſi différentes en longueurs, ont des poids parfaitement égaux, n'eſt-on pas forcé de reconnoître que la cauſe de leur ſuſpenſion n'eſt point une qualité abſtraite, puiſqu'elle ſe rapporte avec tant d'exactitude aux loix de la Statique ? En un mot, cet effet n'a-t-il pas tout l'air d'un équilibre ? C'eſt auſſi le jugement qu'en porta Toricelli, & qu'en porterent après lui la plûpart des Phyſiciens qui eurent connoiſſance de cette belle & curieuſe expérience. Mais perſonne ne contribua davantage à découvrir & à faire connoître la peſanteur de l'air, que M. Paſcal : il

VII. LEÇON.

avoit employé l'horreur du vuide, comme un langage reçu, mais il l'avoit fait, de même que Galilée, avec toute la répugnance que peut sentir à s'exprimer obscurément, un génie que la nature a formé pour ne recevoir & ne transmettre que des idées claires & distinctes. Il entra avec toute l'ardeur & la sagacité dont il étoit capable, dans les vûes de Toricelli; & tant par lui-même que par les soins de M. Perrier son beau-frere, qui étoit à Clermont en Auvergne, & qui pouvoit tirer avantage d'une haute montagne connue sous le nom du *Puy de Dôme*, il mit dans la derniére évidence, ce que la colonne de mercure suspendue au-dessus de son réservoir, indiquoit déja d'une maniére assez décisive, à ceux qui avoient abjuré les qualités occultes, & qui ne vouloient plus admettre que des causes méchaniques pour expliquer les effets naturels.

Voici la méthode que suivit M. Pascal, pour s'assurer si la suspension des liqueurs au-dessus de leur niveau dans les pompes aspirantes, ou dans le tube de Toricelli, étoit

un fait d'équilibre, & si la puissance opposée au poids du mercure, étoit véritablement une colonne d'air prise dans l'atmosphère, comme il y avoit toute apparence. « Si l'air, dit-il, » est la cause de ce phénoméne, c'est » parce qu'il est pesant & fluide ; sa » pression doit donc se faire comme » celle des liqueurs ; elle doit dimi- » nuer ou augmenter selon sa hauteur ; » & les colonnes de liqueur avec les- » quelles on le mettra en équilibre, » seront toujours plus ou moins lon- » gues, selon qu'elles seront plus ou » moins denses : voyons ce que dira » l'expérience. »

VII. LEÇON.

Quelque étendue que puisse avoir l'atmosphère au-dessus de la surface de la terre, on ne peut guère se dis- penser de croire qu'elle forme autour du globe une enveloppe, dont la superficie est uniforme & sphérique, à peu-près comme celle de l'eau pa- roît plane, quelque figure qu'ait le fond du vase qui la contient. Dans cette supposition, les colonnes d'air, à compter de l'extrémité de l'atmos- phère jusqu'à l'endroit où elles ren- contrent la terre, sont plus ou moins

VII. LEÇON.

longues, selon le moins ou le plus d'élévation du lieu où elles aboutissent ; elles ont donc plus de longueur au bas d'une montagne, & elles en ont moins au sommet ; si l'air est pesant, ces colonnes dans un lieu bas, doivent faire une plus grande pression que dans un lieu plus élevé.

M. Perrier ayant remarqué à quelle hauteur étoit le mercure dans le tube de Toricelli, au pied du Puy de Dôme, trouva qu'il baissoit de plus en plus & constamment, à mesure qu'on s'avançoit vers le haut de la montagne, & qu'il remontoit au contraire, & suivant les mêmes proportions, à mesure qu'on descendoit vers la ville; & cette expérience imaginée par M. Pascal, & réitérée plusieurs fois selon ses intentions, a toujours donné le même résultat ; on a donc conclu dès-lors que le mercure se soutenoit au-dessus de son niveau dans le tube de Toricelli, par la pression de l'air sur le réservoir, parce qu'on voyoit baisser le mercure dans le tube, lorsque la colonne qui répondoit à ce réservoir, devenoit moins longue.

Mais si la pression de l'air sur le réservoir

réſervoir ſoutenoit 27 pouces $\frac{1}{2}$ de mercure dans le tube, il falloit que cette colonne ainſi ſuſpendue, ne fût aucunement ſoumiſe au poids de l'air par ſa partie ſupérieure; car alors étant entre deux preſſions égales, elle doit tomber à ſon niveau par ſon propre poids. C'eſt auſſi ce qui arrive, ſi l'on ouvre le bout du tube par le moindre petit trou; & pour faire voir par une même expérience qu'il eſt également néceſſaire que l'air agiſſe ſur la ſurface du réſervoir, & qu'il n'agiſſe qu'en cet endroit, pour ſoutenir la colonne de mercure au-deſſus de ſon niveau, M. Paſcal imagina l'expérience qui ſuit.

IV. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

FG, *Fig.* 24. eſt un tuyau de verre doublement recourbé en *H*, ayant environ 30 pouces de *G* en *K*, & autant de *H* en *F*. *K* eſt un petit canal ouvert qui communique avec l'intérieur du tube & que l'on bouche avec un morceau de veſſie mouil-

lée. On emplit tout le tuyau de mercure, & on le plonge dans le réservoir comme celui de Toricelli.

VII. LEÇON.

EFFETS.

1°. Le mercure descend en *I*, & se fixe à 27 pouces $\frac{1}{2}$ ou environ au-dessus du niveau. 2°. Si l'on pique avec une épingle la vessie qui bouche l'orifice *K*, aussi-tôt l'air y entre, & le mercure contenu depuis *I* jusqu'en *G*, tombe dans le réservoir; & celui qui est contenu dans le tuyau *HF*, demeure suspendu à peu près à la hauteur de 27 pouces $\frac{1}{2}$.

EXPLICATIONS.

Il paroît par cette expérience, 1°. que l'air est la cause de ces deux effets, puisqu'ils n'ont lieu que quand on pique la vessie. 2°. Que l'élévation du mercure de *G* en *I*, est véritablement causée par la pression de l'air extérieur sur la surface du réservoir, puisque le mercure retombe aussi-tôt que cette pression est contrebalancée par l'introduction d'une colonne d'air en *K*. 3°. Que cette pression de l'air extérieur est bien

capable de soutenir le mercure à 27 pouces $\frac{1}{2}$, puisqu'elle le tient élevé à cette hauteur dans la partie *H F*.

Enfin, M. Pascal répéta l'expérience de Toricelli avec de l'eau, du vin, de l'huile, &c. & il parut par tous ces résultats, que c'étoit à la pression de l'air qu'on devoit attribuer la suspension de toutes ces liqueurs au-dessus de leur niveau, parce que leurs hauteurs étant toujours plus ou moins grandes dans les tubes, à proportion de leurs différentes densités, il étoit palpable qu'elles se mettoient en équilibre avec un poids qui étoit toujours le même à peu près; & comme il n'y avoit que l'air qui répondît à leur base, ce fluide s'annonçoit lui-même comme la vraie cause de cet effet.

APPLICATIONS.

L'expérience de Toricelli ne fut pas plutôt connue, que les Physiciens s'empressèrent de la répéter, & d'en étudier toutes les circonstances; chacun d'eux avoit dans son cabinet la colonne de mercure suspendue, & la visitoit souvent. Un

VII. LEÇON.

examen auſſi aſſidu ne devoit pas laiſſer ignorer long-tems les variations qui arrivent à la hauteur du mercure dans le tube ; on s'en apperçut bien-tôt ; & nous voyons par des Lettres de M. Canut chargé des affaires du Roi de France en Suéde, que Deſcartes, Paſcal & Perrier, ne l'ont point ignoré, & que l'on a penſé dès ce tems-là à faire, au moyen de cette expérience, un nouvel inſtrument météorologique ; on l'a nommé depuis, *barométre*, ou *baroſcope*, c'eſt-à-dire, meſure ou obſervation de la peſanteur (de l'air.) En effet, puiſque c'eſt le poids de l'air qui ſoûtient le mercure dans le tube, lorſqu'il monte plus haut, ou qu'il deſcend plus bas que 27 pouces $\frac{1}{2}$ ſa, hauteur moyenne, n'a-t-on pas raiſon de conclure que la preſſion de l'air eſt augmentée ou diminuée ? & cette colonne de mercure qui hauſſe & baiſſe, n'eſt-elle pas une indication de la peſanteur actuelle de l'atmoſphère ?

Quand le barométre n'auroit que cet avantage, de nous avertir que

le fluide dans lequel nous vivons, agit plus ou moins fortement ſur nos corps, il mériteroit déja d'occuper une place dans nos appartemens, par préférence à tant d'autres meubles ſuperflus ou inutiles; mais il en a un autre qui le rend encore plus précieux, il annonce d'avance les changemens de tems, ſur-tout quand ils doivent être conſidérables; & l'on doit convenir que ces ſortes de prédictions ſont importantes pour les travaux de la campagne, pour les voyageurs, & dans une infinité d'autres circonſtances. VII. LEÇON.

Cette propriété du baromètre, eſt conſtatée par les obſervations de près d'un ſiécle, faites en différens pays, & par diverſes perſonnes attentives & exactes : & ſur-tout depuis l'établiſſement des Académies, nous avons des tables d'obſervations météorologiques, par leſquelles il paroît conſtant,

1°. Que la hauteur moyenne du mercure dans le baromètre eſt de 27 pouces $\frac{1}{2}$ en France.

2°. Que le plus grand abaiſſement ne va pas tout-à-fait à 26 pou-

VII. LEÇON.

ces, ni la plus grande élévation à 29.

3°. Que vers l'Equateur, les variations ſont moins grandes, & qu'elles le ſont plus dans les climats ſeptentrionaux.

4°. Que quand le mercure baiſſe dans le barométre au-deſſous de 27 pouces $\frac{1}{2}$, il annonce de la pluie ou du vent, ou en général ce qu'on appelle mauvais tems.

5°. Qu'au contraire, quand il excéde ſa hauteur moyenne, il annonce le calme, le ſec, le beau tems.

6°. Que ces prédictions manquent quelquefois, ſur-tout quand les variations de hauteur du mercure ſe font lentement, & en petite quantité.

7°. Qu'au contraire, elles ſont preſqu'infaillibles, quand le mercure monte ou deſcend d'une quantité conſidérable en peu de tems, comme, par exemple, de 3 ou 4 lignes en quelques heures.

8°. Qu'à Paris il eſt aſſez rare que les varations du barométre s'étendent plus loin que de 26 $\frac{1}{4}$ à 28 $\frac{1}{2}$ pouces.

Cette derniére obſervation a fait naître l'envie d'avoir des barométres dont les variations euſſent plus d'étendue, afin que les plus petites puſſent être obſervées; de-là ſont venus les barométres à deux branches, qu'on a nommés *doubles* par cette raiſon; les barométres coudés, les barométres raccourcis, &c. dont nous ne donnerons point ici la deſcription, parce qu'ils ſont aſſez connus, & que cette digreſſion nous éloigneroit trop de notre ſujet. Nous dirons ſeulement que de tous les moyens qu'on a imaginés juſqu'à préſent pour perfectionner le barométre, il n'y en a aucun qui ſoit aſſez avantageux, & qui n'ait trop d'inconvéniens pour mériter qu'on le préfére à celui de Toricelli, c'eſt-à-dire, à celui qu'on nomme communément barométre *ſimple*, & qu'on a repréſenté par la *Fig.* 25. VII. LEÇON.

Mais ce dernier, tout ſimple qu'il eſt, doit être conſtruit avec des attentions que n'ont point ordinairement les Ouvriers qui les vendent. Il faut qu'il ſoit rempli d'un mercure parfaitement pur; que le tube ait au

VII. LEÇON.

moins une ligne $\frac{1}{2}$ de diamétre intérieurement, que le verre en ſoit parfaitement net, & qu'il ne reſte aucune particule ſenſible d'air entre le mercure & lui. Il faut encore que le petit vaſe qui ſert de réſervoir au bas du tuyau, ſoit de telle largeur, que la ſurface du mercure qu'il contient, demeure ſenſiblement à la même hauteur pendant que celui du tuyau monte ou deſcend. On doit auſſi avoir attention que l'échelle de graduation ſoit bien exactement diviſée; car ce ſeroit un défaut conſidérable, s'il ſe trouvoit quelque ligne de mécompte ſur les 27 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur moyenne, ce qui n'eſt que trop poſſible, quand on ſe contente de coller ſur une planche une impreſſion toute diviſée, comme on fait le plus ſouvent.

Si les Phyſiciens conviennent entre eux, que le mercure du barométre eſt ſoutenu à ſa hauteur moyenne, par le poids de l'air de l'atmoſphère; ils ne ſont pas tout-à-fait d'accord ſur les variations qu'on y remarque. On ſçait bien qu'une plus grande élévation du mercure dénote une plus grande

grande preſſion de la part de l'air ; mais par quelles raiſons l'air preſſe-t-il davantage dans un tems que dans un autre ? & quelle affinité y a-t-il entre cette preſſion plus ou moins grande, & le changement de tems qui n'arrive quelquefois que 10 ou 12 heures après ? c'eſt ce que nous examinerons ailleurs, quand nous aurons fait connoître plus amplement les propriétés de l'air, & les différens états de l'atmoſphère.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On applique à la ſuperficie d'un vaſe plein d'eau colorée, un tuyau de verre ouvert par les deux bouts, & l'on ſuce avec la bouche ou autrement, l'air qu'il contient, *CD*, *Fig.* 20.

EFFETS.

Dès que l'on ſuce l'air qui eſt dans le tube, l'eau y monte & le remplit.

EXPLICATIONS.

Puiſque l'air eſt un fluide univer-

VII. LEÇON.

sellement répandu sur tous les corps qui sont à la surface de la terre, il faut concevoir l'eau de notre vase comme ayant deux sortes de poids qui la font peser sur le fond; sçavoir, celui qui lui vient de sa propre masse, & celui d'une colonne d'air qui répond à sa surface, & qu'elle soutient. Car nous avons vû ci-dessus que plusieurs liqueurs l'une sur l'autre, exercent leur pesanteur en commun sur le même fond. Supposons maintenant que l'eau soit divisée en un certain nombre de petites colonnes semblables à celle qui répond à l'orifice du tube; chacune de ces colonnes répondra à une colonne d'air semblable en diamétre, & l'on pourra dire d'elle ce que nous venons de dire de la masse totale, qu'elle pése ou qu'elle tend au fond du vase par elle-même, & par le poids de l'air qu'elle porte.

Tant qu'on ne suce pas l'air du tube; toutes les extrêmités de ces colonnes d'eau sont dans le même plan, parce qu'étant également pesantes, & également chargées, il n'y a pas de raison qui oblige l'une ou

Fig. 25.

VII. LEÇON.

l'autre à ſe tenir ou plus haute, ou plus baſſe que le reſte ; mais ſi l'une d'entre elles ſe trouve déchargée du poids de l'air qu'elle portoit, (& c'eſt l'en décharger, que d'ôter l'air du tuyau de verre,) alors cette colonne doit s'élever au-deſſus des autres, parce qu'elle n'eſt plus en état de leur faire équilibre. Et comme la fluidité de la maſſe ne permet pas que cette colonne ainſi élevée laiſſe aucun vuide dans le fond, elle ſe répare continuellement aux dépens des autres qui diminuent de longueur, & le vaiſſeau ſe vuide de cette maniére.

Si la preſſion de l'air ſur la ſurface de l'eau étoit infinie, on pourroit ainſi avec un tuyau aſſez long élever l'eau, ou toute autre liqueur, à une hauteur non limitée. Mais ſi le poids de l'air n'a qu'une certaine valeur, quand l'eau ſera parvenue à telle hauteur, ou ſon propre poids ſera égal à celui de l'air qui la ſouléve, on aura beau ſucer celui du tuyau, la puiſſance de l'air extérieur épuiſée, n'aura plus d'effet au-delà.

VII. LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette expérience se fait de même que la précédente ; mais on se sert de mercure au lieu d'eau, & le tube doit avoir au moins 30 pouces de longueur, & ne pas excéder une ligne de diamétre.

EFFETS.

Le mercure arrivé à 27 pouces $\frac{1}{2}$ ou environ de hauteur perpendiculaire au-dessus de la surface du réservoir, ne s'éléve pas d'avantage, quoiqu'on continue de sucer l'air du tuyau.

EXPLICATIONS.

Nous n'avons rien à ajouter à l'explication de l'expérience précédente, pour faire entendre celle-ci, sinon que, comme le mercure est beaucoup plus pesant que l'eau, la pesanteur de l'air extérieur qui sert à l'élever, se trouve en équilibre avec une colonne moins longue. S'il y avoit quelque fluide encore plus pesant que le mercure, on les verroit sans doute se fixer encore plus bas.

APPLICATIONS.

VII. LEÇON.

Vuider d'air un tuyau en le ſuçant avec la bouche, ou bien en traînant dedans, & de bas en haut, un bouchon bien exact, c'eſt la même choſe quant à l'effet qui doit s'enſuivre; c'eſt toujours donner lieu à la preſſion de l'air qui répond au réſervoir, & cela ſuffit pour élever le fluide. C'eſt préciſément ce que l'on voit dans les ſeringues ou pompes aſpirantes; car le piſton paſſant de bas en haut du cylindre creux qui le contient, ſouléve la colonne d'air qui péſe ſur ſon plan ſupérieur, il ſe fait au-deſſous un vuide, où le poids de l'atmoſphère fait monter l'eau, comme dans le tuyau de l'expérience précédente. Voyez la *Fig.* 27.

Mais comme le poids de l'atmoſphère eſt limité, & qu'une colonne d'eau d'environ 32 pieds, lui fait équilibre dans nos climats, & dans les lieux qui ne ſont pas beaucoup élevés au-deſſus du niveau de la mer, on conçoit bien qu'une pompe, telle que celle dont nous parlons, & qu'on nomme *aſpirante*, ne peut point

élever l'eau à toute hauteur. Quand celle-ci ne suffit pas, on emploie celles dont nous avons parlé ci-dessus, & que nous avons appellées pompes foulantes. Comme dans ces dernières la colonne d'eau qu'on éléve est immédiatement portée par le piston, & que ce piston est mené par une puissance que l'on peut augmenter autant que l'on veut, il est évident que l'ascension de l'eau n'est bornée à aucune hauteur.

VII. LEÇON.

Si les pompes foulantes ont l'avantage de porter l'eau à toutes sortes de hauteurs, elles n'ont pas celui de pouvoir être placées hors du puits ou du bassin d'où l'on veut tirer l'eau, comme les pompes aspirantes. Et c'est une incommodité très-grande de placer & d'entretenir ces sortes de machines dans des lieux fort profonds, souvent étroits, difficiles à épuiser, & assez ordinairement dans des pays où la disette d'ouvriers intelligens ajoute encore à la difficulté des réparations.

On évite ces inconvéniens, & l'on jouit d'un double avantage, en construisant les pompes de maniére qu'el-

les ſoient en même tems aſpirantes & foulantes, telles que celles qui ſont repréſentées par la *Fig.* 28. Le piſton aſpire en montant, & foule en deſcendant. Le tuyau qui conduit l'eau de la ſource à la pompe, ne peut à la vérité avoir que 32 pieds tout au plus de hauteur perpendiculaire; mais cela ſuffit ſouvent pour placer la pompe dans un lieu commodément acceſſible; & le tuyau montant, qui porte l'eau refoulée, peut avoir autant de longueur que la force motrice le permet. VII. LEÇON.

Quand on emploie des pompes aſpirantes, il faut avoir égard à la ſituation du lieu; car puiſqu'elles n'élévent les eaux qu'à l'aide de l'atmoſphère qui péſe ſur la ſurface de la ſource, plus cette ſource eſt élevée au-deſſus du niveau de la mer, moins la colonne d'air qui la preſſe eſt longue. J'ai porté un baromètre au plus haut des Alpes *, & j'ai trouvé que le mercure s'y tenoit d'environ un quart moins haut qu'à Turin. Si j'y euſſe porté une pompe aſpirante, & que je l'euſſe miſe en jeu, elle ne m'auroit donc élevé l'eau tout au plus

* *Le 23. Juill.* 1739.

VII. LEÇON.

qu'à 24 pieds ; & par la raiſon du contraire, dans les ſouterreins très-profonds on pourroit attendre du poids de l'air des effets plus grands que ceux qu'il opère ailleurs.

C'eſt par une méchanique aſſez ſemblable à celle des pompes aſpirantes, que les oiſeaux à longs-becs, comme les hérons, les cicognes, les bécaſſes, &c. & la plûpart des quadrupédes, les chevaux, les vaches, les cerfs : &c. élévent l'eau dans leur eſtomac : ces animaux boivent en ſuçant ; & ſuçer n'eſt autre choſe que raréfier l'air intérieur, en dilatant les capacités qui le contiennent, pour donner lieu à l'atmoſphère d'agir par ſa preſſion. La poitrine en s'élevant, ſemblable à un ſoufflet dont on écarte les panneaux, fait naître un nouveau vuide, que l'air du dehors va remplir ordinairement, (ce que l'on nomme *reſpirer* ; (mais ſi la bouche ſe trouve baignée ou remplie d'eau, quand ce dernier fluide ſeroit au-deſſous de l'eſtomac où ſe fait le vuide, il y eſt porté par le poids de l'air dont il eſt toujours chargé.

S'il reſtoit encore quelque incerti-

Fig. 27.

ig. 28.

tude après les explications que nous venons de donner de l'aſpiration des pompes, & des autres effets de cette eſpéce, ſi l'on doutoit encore que la preſſion de l'air en fût la véritable cauſe, on pourroit achever de s'en convaincre par l'expérience que nous allons rapporter. VII. LEÇON.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur la platine d'une machine pneumatique on place un petit gobelet qui contient du mercure : on le couvre d'un récipient ſurmonté d'une petite pompe aſpirante, dont le tuyau, qui eſt de verre, plonge dans le petit vaiſſeau, & l'on fait le vuide le plus parfait qu'il eſt poſſible. *Fig.* 29.

EFFETS.

Quand on léve le piſton de la petite pompe, on ſent une réſiſtance conſidérable, & le mercure ne s'éléve point dans le tuyau ; mais ſi l'air vient à rentrer dans le récipient, la pompe alors a ſon effet ordinaire.

EXPLICATIONS.

VII. LEÇON.

Nous prétendons que l'action de l'air fait monter les fluides dans les pompes aſpirantes ; on le ſupprime en évacuant le vaiſſeau ſous lequel eſt placé le mercure, & la pompe n'a plus ſon effet. Il eſt donc prouvé que ce que l'on a ſupprimé (l'air & ſa preſſion) eſt la vraie cauſe de cette aſcenſion des liqueurs dans les pompes.

La difficulté qu'on éprouve en élevant le piſton, quand le récipient eſt vuide, eſt encore une preuve du poids de l'air. Que la ſeringue aboutiſſe à un vaiſſeau vuide d'air, ou qu'elle ſoit bouchée par en-bas, c'eſt la même choſe ; tant que le piſton preſſé en ſa partie ſupérieure par une colonne d'air qui péſe de haut en bas, l'eſt en même tems par une autre colonne du même air qui ſoutient ſa partie inférieure, ſoit immédiatement, ſoit par l'interméde d'un autre fluide qu'il pouſſe, ce piſton eſt en équilibre entre deux puiſſances égales, & pour le mouvoir on n'a que ſon frottement à vaincre ; mais quand on ſup-

prime la colonne d'air qui le ſoutient en-deſſous, on ne peut plus le tirer de bas en-haut, qu'on ne ſouléve l'air qu'il porte, & cet air eſt un cylindre qui a toute la hauteur de l'atmóſphère, & dont le piſton même eſt la baſe. VII. LEÇON.

APPLICATIONS.

Qu'on ſe rappelle ici le moyen que nous avons employé dans la ſeconde Leçon *, pour forcer l'eau & le mercure de paſſer à travers des pores du bois & de la peau ; & l'on concevra par ce que nous venons de dire touchant la preſſion de l'air, pourquoi ces fluides ont pénétré à travers le fond de leur vaſe, lorſqu'on a fait le vuide dans les canons de verre ſur leſquels ils étoient établis. Car il eſt aiſé de comprendre qu'en ſupprimant, comme nous avons fait, l'air qui fait équilibre en-deſſous, à celui qui preſſe par-deſſus, celui-ci exerce tout ſon poids ſur la liqueur, & la force de paſſer.

* 1. & 2. *Expérience Tome I. page* 83. *& ſeqq.*

Un ſoufflet bouché de toutes parts n'a plus le mouvement libre ; parce que, comme le piſton de la ſeringue de la derniére expérience, il porte une maſſe d'air conſidérable, à

quoi rien ne fait équilibre en-dedans.

VII. LEÇON. Par la même raison, la poitrine des animaux ne peut plus se dilater, comme elle a coutume de faire pour la respiration, dès qu'on ferme tout accès à l'air qui doit y entrer; & les Anatomistes conviennent que les animaux qui se noient; meurent moins de la quantité d'eau qu'ils avalent, que par l'interruption du mouvement nécessaire pour respirer.

La pesanteur ou la pression latérale de l'air peut se prouver par l'expérience qui suit.

IX. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut établir & fixer sur la platine de la machine pneumatique, un petit moulinet que l'on couvre d'un récipient, percé par le côté & garni d'un petit bout de tuyau, que l'on tient bouché avec le doigt, pendant qu'on raréfie l'air d'un coup de piston seulement. *Fig.* 30.

EFFETS.

Dès qu'on ôte le doigt pour laiſ-

ſer le canal ouvert, on entend un ſouffle, & l'on voit tourner le moulinet très-rapidement.

EXPLICATIONS.

Le ſouffle qu'on entend, ne peut point être attribué à autre choſe, qu'à l'air qui paſſe avec beaucoup de viteſſe du dehors au-dedans du récipient, pour remplacer celui qu'on a pompé ; & comme le canal qui lui donne paſſage eſt horizontal, on ne peut ſe diſpenſer de reconnoître que l'air, comme tous les autres fluides. exerce ſa peſanteur de côté, de même que de haut en bas.

APPLICATIONS.

Tout le monde ſçait qu'un tonneau plein & percé par le bas ſeulement, ne s'écoule point, à moins que le trou ne ſoit fort grand ; c'eſt que l'air par ſon poids ſoutient la liqueur qui tend à ſortir, & qui péſe moins que lui, parce qu'elle n'a point une hauteur ſuffiſante : mais ſi l'on fait une ouverture à la partie ſupérieure du tonneau, l'air qui péſe ſur la liqueur par ce nouveau trou, fait autant d'eſ-

VII. LEÇON.

fort pour la chaſſer de haut en-bas ; qu'une colonne d'air ſemblable en fait pour l'empêcher de ſortir par en-bas, & alors cette liqueur s'écoule par ſon propre poids. Cette explication peut ſervir à rendre raiſon d'un fait qui paroît d'abord aſſez ſingulier. On emplit d'eau un flacon, *Fig.* 31. percé en *A* d'un petit trou, que l'on tient bouché avec une boulette de cire ; à travers du bouchon qui ferme exactement l'orifice, paſſe un tube de verre *B*, qui eſt ouvert des deux bouts ; & l'on emplit d'eau le flacon & le tube. Si l'on débouche le trou qui eſt en *A*, l'eau s'écoule juſqu'à ce que le tube ſoit vuide ; & auſſi-tôt après elle s'arrête.

Ce qui eſt contenu dans le tube doit s'écouler par ſon propre poids, parce que l'air preſſe autant en *B*, qu'il réſiſte en *A* ; mais quand ce tube eſt entiérement vuidé, l'écoulement doit ceſſer : car l'eau qui eſt au-deſſous de *AC*, eſt retenue par ſon propre poids, comme elle l'eſt ordinairement dans une taſſe ; & celle qui eſt au-deſſus de cette ligne demeure ſuſpendue, non-ſeulement par la preſ-

sion de l'air en *A*, mais encore par celle d'une colonne qui agit par *B* le long du tuyau. VII. LEÇON.

Enfin tous les effets qui dépendent du poids de l'air, se font dans une chambre aussi-bien qu'en dehors ; le baromètre, par exemple, s'y tient aussi haut, & les pompes élévent également l'eau dans des lieux couverts : ce qui prouve bien que les planchers ne bornent point la colonne d'air qui soutient le mercure ou les autres liqueurs, mais qu'elle emprunte son poids de l'atmosphère avec qui elle communique, par les fenêtres ou par les portes.

Voici maintenant des preuves de la résistance que l'air fait de bas en-haut.

X. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Remplissez d'eau le canon de verre représenté par la *Fig.* 32. couvrez-le d'un morceau de papier qui touche bien les bords ; mettez la main dessus, & renversez le vaisseau dans une situation perpendiculaire à l'horizon.

EFFETS.

VII. LEÇON.

Quand on ôte la main qui tient le morceau de papier appliqué à l'embouchure du vaſe, l'eau demeure conſtamment ſuſpendue, & le papier qui lui ſert de baſe y demeure appliqué.

EXPLICATIONS.

L'eau contenue dans le vaſe ne peut deſcendre & s'échapper, qu'en refoulant une colonne d'air *D E*, appuyée contre la terre ou contre le plancher; mais cette colonne ne peut refluer latéralement, parce qu'elle eſt ſoutenue de tous côtés par l'atmoſphère même, dont le poids ſeroit capable de porter une maſſe d'eau qui auroit 32 pieds de hauteur; ainſi la réſiſtance de la colonne *D E* étayée par les colonnes voiſines, eſt plus que ſuffiſante pour empêcher l'eau du vaiſſeau de tomber.

Le morceau de papier dans cette expérience ne ſert qu'à prévenir la diviſion des deux fluides, qui auroient peine à ſe contenir à cauſe de la grande différence de leurs denſités. Quand l'air

l'air & l'eau se touchent par des bases moins larges, cette précaution est inutile, comme on l'a pu remarquer dans les expériecnes ptécédentes. VII. Leçon.

APPLICATIONS.

On peut rappeller ici la fontaine intermittente, dont nous nous sommes servis pour prouver la résistance des corps par celle de l'air *; & l'on appercevra aisément d'où lui vient l'intermittence de son écoulement. Car tant que le canal, qui porte l'air dans le réservoir, est bouché par en-bas, l'air qui répond à l'orifice des petits canaux dirigés vers le bassin, est plus fort qu'il ne faut pour arrêter la chûte de l'eau, dont le poids ne peut avoir son effet, que quand elle est entre deux airs d'égale force; & cela arrive toutes les fois que l'eau du bassin étant écoulée, l'ouverture inférieure du canal reste à découvert. Nous avons parlé aussi au même endroit d'une espéce de pompe, ou de chalumeau renflé; en usage dans les offices pour puiser l'eau qu'on met rafraîchir dans des flacons d'étain. Les liqueurs demeurent encore sus-

* I. Leçon. Section 3. Exper. 2.

VII. LEÇON. pendues dans cet instrument, par la résistance que l'air fait de bas en haut, & qui ne manque pas d'avoir son effet, quand on bouche avec le doigt l'orifice d'en-haut, pour empêcher que l'air qui y répond ne joigne son poids à celui de la liqueur.

XI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

FGHI, *Fig.* 33. est un tuyau de verre recourbé, dont une jambe est plus longue que l'autre, & que l'on nomme un *siphon* : on plonge la jambe la plus courte dans un vase plein d'eau, & en appliquant en *I* la bouche, ou une petite pompe, on suce l'air qu'il contient.

EFFETS.

Par la suction que l'on fait en *I*, le siphon se remplit d'eau ; & dès qu'on ôte la bouche, il se fait un écoulement qui continue, tant qu'il y a de l'eau dans le vase.

EXPLICATIONS.

L'eau du vase étant pressée en tou-

te sa surface, par le poids de l'atmosphère, doit s'échapper par l'endroit où elle cesse d'éprouver la même pression; c'est pourquoi elle remplit tout le siphon aussi-tôt qu'on en succe l'air, & qu'on suspend son action en *F*. Si les deux jambes étoient égales, comme *F G*, *G H*, après la suction il n'y auroit point d'écoulement, parce que la colonne d'air qui résisteroit en *H*, étant aussi haute que celle qui presse en *F*, lui feroit équilibre, & l'eau retomberoit de part & d'autre par son propre poids, ou demeureroit également suspendue dans toutes les deux. Mais lorsque l'une des deux jambes a son orifice au-dessous de la superficie du réservoir, comme *G I*, quoique la colonne d'air qui lui répond, soit plus longue que celle qui pése en *F*, elle n'est pas en état d'empêcher l'eau de couler.

VII. LEÇON.

Pour saisir la raison de ceci, il faut considérer la colonne totale d'air *I K* comme divisée en deux parties, dont une *K H*, fait équilibre à *L F*, & seroit capable d'arrêter l'eau, si le tuyau finissoit en *H*. L'eau qui remplit la partie *H I* du siphon, ne

VII. LEÇON.

trouve donc d'autre réſiſtance en *I*, qu'une colonne d'air de même longueur qu'elle, & qui péſe beaucoup moins. Cette portion d'eau s'écoule donc par l'excès de ſon poids : mais pendant qu'elle tombe, rien ne ſoutient celle qui eſt au-deſſus; c'eſt pourquoi elle eſt continuellement remplacée : ainſi l'écoulement a lieu, non parce que l'air ne réſiſte pas, mais parce qu'à hauteur égale, l'eau peſe plus que lui, & par cette derniére raiſon, la réſiſtance de l'air en *I*, qui eſt toujours vaincue, l'eſt d'autant plus, que la partie *HI* du tuyau eſt plus longue ; la preſſion en *A* en devient d'autant plus forte, & c'eſt ce qui ſe voit évidemment par l'expérience ſuivante.

XII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AB Fig. 34. eſt un gros tuyau de verre qui a environ 15 pouces de longueur, fermé en *B*, & garni en *A* d'une virole de métal, avec un fond auquel ſont ſoudés deux tuyaux qui peuvent avoir intérieurement 2 lignes $\frac{1}{2}$ de diamétre. Le plus court

des deux, qui eſt coudé, s'éléve de 2 ou 3 pouces, en forme d'ajutage dans le gros canon; l'autre qui eſt plus long, ouvert auſſi des deux bouts, n'excéde point le fond auquel il eſt ſoudé; mais il ſe diviſe en deux parties qui peuvent ſe ſéparer en *D*, & ſe rejoindre à vis. On renverſe cet inſtrument pour y faire couler, par le plus long tuyau, quelques pouces d'eau; enſuite on le remet dans ſa ſituation naturelle, & dans le même inſtant on plonge la jambe coudée dans un pot plein d'eau.

EFFETS.

Auſſi-tôt l'eau s'écoule par la jambe la plus longue, & l'on apperçoit un jet d'eau dans le gros canon; mais ce jet s'éléve beaucoup plus haut, quand le tuyau par où ſe fait l'écoulement, eſt compoſé de ſes deux parties, que lorſqu'on en retranche une.

EXPLICATIONS.

Les deux petits tuyaux, & le gros canon auquel ils aboutiſſent, doivent être conſidérés comme un ſiphon; l'eau qui monte par la jambe

VII. LEÇON.

la plus courte, & qui s'élance par ſon extrémité, eſt élevée par le poids de l'air qui agit ſur la ſurface du pot ; & puiſque cet élancement de l'eau eſt d'autant plus grand, que l'autre jambe eſt plus longue, c'eſt une marque certaine que la preſſion qui le cauſe, croit à proportion de cet allongement, comme nous l'avons dit ci-deſſus.

APPLICATIONS.

Le ſiphon que nous venons d'employer, peut être fait de façon que le réſervoir & les branches ſoient cachés dans un pié-deſtal, ou autrement ; & alors il fait voir un jet d'eau au-deſſus de ſa ſource. Voyez la *Fig.* 35.

En général les ſiphons ſont fort en uſage dans les celliers, dans les laboratoires de Chymie, dans les offices, &c. pour tirer les liqueurs à clair ; comme cet inſtrument les puiſe par la ſuperficie, & qu'on l'emploie ſans être obligé de remuer les vaiſſeaux, c'eſt un moyen sûr pour tirer ſans lie les vins, les ratafiats, &c.

La figure & la matiére du tuyau ne changent rien à l'effet du ſiphon

S'il se trouve dans une montagne une veine de sable, qui ait la forme de cet instrument, & qu'elle soit renfermée dans de la glaise, ou dans quelque autre matiére moins propre à filtrer l'eau, ce siphon naturel épuisera une cavité remplie d'eau, à laquelle répondra sa jambe la plus courte ; & si les écoulemens qui fournissent au réservoir, se font plus lentement que son évacuation, l'extrémité de la jambe la plus longue sera une source ou une fontaine naturellement intermittente & périodique. VII. LEÇON.

Le verre à siphon représenté par la *Fig.* 36. rendra cette idée sensible. Sa coupe que l'on remplit d'eau, peut représenter la cavité que nous supposons dans la montagne ; le tuyau recourbé, dont la jambe la plus longue passe à travers du pied, procure une évacuation qui commence dès que l'eau est parvenue en *E*, & qui, lorsqu'elle est finie, ne recommence que quand le verre a été rempli de nouveau.

Il faut convenir que pour tirer de cette expérience une explication complette des sources périodiques, on

VII. LEÇON.

doit ſuppoſer un épuiſement parfait dans la cavité qui ſert de réſervoir: car l'écoulement de notre verre à ſiphon, quand une fois il a commencé, ne finiroit point, ſi l'on avoit ſoin d'entretenir de l'eau dans le vaſe; & l'on aura peine à concevoir que la ſource qui ſe fait au bout de la branche la plus longue du ſiphon, puiſſe avoir des intermittences, ſi les écoulemens qui fourniſſent de l'eau à la plus courte, n'en ont point. Mais ces ſortes d'effets naturels ont ordinairement pluſieurs cauſes à la fois; & c'eſt toujours un avantage, que d'en pouvoir indiquer quelqu'une.

Comme les liqueurs doivent monter dans la jambe la plus courte du ſiphon, avant que de s'écouler par la plus longue, & qu'elles y ſont élevées par le poids de l'air qui agit ſur le réſervoir, on doit régler la hauteur de cette partie du tuyau, ſelon le poids actuel de l'atmoſphère, & la denſité de la liqueur qu'il doit contenir. Car, ſelon ce que nous avons enſeigné touchant les pompes aſpirantes, l'eau commune ne s'éléveroit point dans un ſiphon, paſſé 32 pieds

pieds, ni le mercure au-delà de 27 ou 28 pouces ; encore ne faudroit-il pas que ce fût dans un lieu fort élevé au-dessus du niveau de la mer.

Cette réflexion m'a fait penser qu'on pourroit comparer facilement, & en peu de tems, les densités de deux liqueurs, par le moyen d'un siphon ouvert en sa courbure, & surmonté d'une petite pompe aspirante, comme il est représenté par la *Fig.* 37. Car cet instrument étant fixé sur une planche graduée par pouces & par lignes, si les branches sont plongées également dans deux gobelets, dont l'un, par exemple, contienne du mercure, & l'autre de l'eau, en raréfiant l'air des tuyaux par le moyen de la petite pompe, chaque liqueur obéira à la pression de l'air extérieur qui est commune à toutes les deux, selon le rapport de sa densité ; si le mercure s'éléve d'un pouce, l'eau montera au quatorziéme. Mais si l'on faisoit usage de cet instrument, il faudroit que les tuyaux, de part & d'autre, eussent au moins 3 ou 4 lignes de diamétre intérieurement. On en verra la raison à la fin de la Leçon qui suit.

g. 32.

Fig. 30.

B

g. 34.

Fig. 33.

VIII. LEÇON.

Suite de l'Hydroſtatique.

III. SECTION.

De la peſanteur & de l'équilibre des Solides plongés dans les liqueurs.

QUAND un corps ſolide eſt plongé, il occupe la place d'un volume de liqueur égal au ſien ; à moins que ce ne ſoit quelque matiére ſpongieuſe, qui admette une portion de la liqueur dans ſes pores, ou un corps diſſoluble, dont les parties déſunies peuvent ſe loger dans les pores mêmes du diſſolvant. Car dans ces deux cas, les volumes ou grandeurs apparentes, tant du ſolide que de la liqueur, ſe confondent un peu ; & lorſqu'ils ſont mêlés, il arrive le plus ſouvent qu'ils occupent moins

VIII. LEÇON.

VIII. LEÇON.

de place qu'il n'en falloit pour les contenir séparément : un vase, par exemple, dont la capacité égaleroit une pinte, ne seroit pas plein, si l'on y mettoit une chopine d'eau, & une pareille mesure de sucre en poudre, ou de morceaux d'éponge. Nous n'avons pas maintenant ces sortes d'effets en vue : nous considérons les corps plongés comme entiers & impénétrables aux fluides qui les reçoivent ; telle est une bille d'ivoire que l'on fait descendre dans l'eau ; & qui l'oblige de s'élever vers les bords du vase dans lequel elle est contenue.

Ce volume de liqueur déplacé par le corps plongé, ou la quantité qui s'éléve au-dessus du plan dans lequel s'étoit fixée la surface de la liqueur avant l'immersion, ce volume, dis-je, pése plus ou moins selon sa densité, car les fluides, de même que les solides, différent entre eux, par la quantité de matiére propre qu'ils renferment sous un certain volume ; & la même liqueur n'est pas toujours également dense.

On peut faire ici deux suppositions : 1°. Que le volume de liqueur

en queſtion, égale en denſité, & par conſéquent en poids, le corps ſolide qui a pris ſa place : 2°. ou bien que l'un des deux péſe plus que l'autre. Nous appellerons *peſanteur reſpective*, la quantité dont le plus peſant ſurpaſſera le plus léger ; de ſorte que ſi un volume d'eau peſant une livre eſt déplacé par un ſolide qui péſe une livre & demie, la peſanteur reſpective de celui-ci ſera une demi-livre.

PREMIERE PROPOSITION.

Un corps ſolide entiérement plongé, eſt comprimé de tous côtés par la liqueur qui l'entoure ; & la preſſion qu'il éprouve, eſt d'autant plus grande, que la liqueur a plus de denſité, & qu'il eſt plus profondément plongé.

Nous avons fait voir dans la premiére Section de la Leçon précédente, que le poids des liqueurs s'exerce dans tous les ſens. Nous avons prouvé encore que cette preſſion croît en raiſon de la hauteur du liquide ; & enfin, dans la ſeconde Section il a été démontré qu'il y a équilibre entre deux liqueurs dont les

VIII. LEÇON.

hauteurs ſont en raiſon réciproque de leurs denſités ou peſanteurs ſpécifiques. La propoſition que nous venons d'énoncer, n'eſt qu'une conſéquence de celles-ci: de la premiere, il ſuit qu'*un corps plongé eſt comprimé de toutes parts.* Il ſuit de la ſeconde, que *la preſſion qu'il éprouve, eſt d'autant plus grande qu'il eſt plus profondément plongé.* Et de la troiſiéme enfin, il ſuit, qu'à profondeurs égales, *la charge eſt d'autant plus grande, que le fluide a plus de denſité ou de peſanteur ſpécifique.*

PREMIERE EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

La *Fig.* 1. repréſente un grand vaſe de verre plein d'eau claire, dans laquelle on plonge une petite veſſie remplie d'eau colorée, & liée à un tube de verre qui eſt ouvert par les deux bouts.

EFFETS.

Quand la veſſie eſt entiérement plongée, l'eau colorée commence à monter dans le tube, & elle s'y éleve de plus en plus, à meſure que

l'on plonge plus avant, de maniére qu'elle eſt toujours auſſi haute que la ſuperficie de l'eau contenue dans le grand vaſe.

EXPLICATIONS.

L'eau colorée qui s'éléve dans le tube pendant l'immerſion, prouve inconteſtablement que la veſſie eſt comprimée, & que ſa capacité eſt diminuée : quand on voit cet effet augmenter à meſure qu'on la plonge plus avant, on eſt forcé de reconnoître que la preſſion de l'eau qui en eſt la cauſe, augmente auſſi ; & comment n'augmenteroit-elle pas, puiſque le corps plongé ſe trouve alors chargé de colonnes plus hautes, & qui ont toujours, à peu de choſe près, des baſes auſſi larges ? Je dis à peu de choſe près ; car la compreſſion diminue le volume total de la veſſie, & ſa ſurface n'eſt pas tout-à-fait auſſi grande au fond du vaſe, qu'elle l'eſt à fleur d'eau.

L'eau colorée s'éléve dans le tube à meſure qu'il s'avance vers le fond, mais jamais elle n'excéde la ſuperficie de l'eau du grand vaſe, parce que

VIII. LEÇON.

les deux liqueurs étant de même densité, quand elles se mettent en équilibre, leurs hauteurs doivent être égales. Il n'en seroit pas de même, si la vessie, au lieu d'eau, contenoit de l'esprit-de-vin ou du mercure; le dernier de ces deux fluides se tiendroit beaucoup plus bas que l'eau du vase, & l'autre s'éleveroit un peu au-dessus.

Lorsqu'on se sert d'une vessie un peu grosse, on peut remarquer que, pendant qu'on la plonge, la compression n'est point égale de toutes parts, & qu'elle est plus pressée de bas en haut que latéralement; car sa figure change, & elle est un peu écrasée. Quoique la réfraction de la lumière change l'image de l'objet en pareil cas, on doit convenir qu'il y a quelque réalité dans cette apparence, si l'on fait attention que la vessie plongée ne peut descendre, sans diviser l'eau, que cette eau qui résiste un peu à sa division occasionne une pression étrangère de haut en bas, & que de cette pression il doit naître un changement dans la figure du corps plongé à cause de sa flexibilité.

APPLICATIONS. VIII. LEÇON.

Tous les animaux qui appartiennent à la terre, vivent ou dans l'air ou dans l'eau; par conſéquent chacun d'eux eſt expoſé à la preſſion d'un fluide qui l'environne de toutes parts, & dont la charge eſt conſidérable, eu égard à ſa hauteur. Une colonne de l'atmoſphère équivaut, comme nous l'avons vu précédemment, à une colonne d'eau de même baſe qui auroit 32 pieds de haut. Si c'eſt ſeulement un cylindre d'un pouce de diamétre, le poids en eſt aſſez conſidérable; mais combien compteroit-on de baſes ſemblables, ou de cercles d'un pouce de largeur ſur la ſurface entiére d'un homme? En appliquant le calcul à cette conſidération, on trouve qu'une perſonne de moyenne taille répond à une maſſe d'air qui excéde le poids de 20000.

Mais un poiſſon au fond d'une riviére ou d'un lac, ſupporte non-ſeulement la preſſion de l'air, comme les animaux terreſtres, mais encore celle de l'eau; de ſorte que s'il eſt à 32

VIII. LEÇON.

pieds de profondeur, il eſt chargé de deux fois le poids de l'atmoſphère. Quelle preſſion ſe feroit-il donc ſur un animal qui vivroit au fond de la mer ?

Ces poids énormes appliqués continuellement à la ſurface des corps, ne les écraſent pas cependant, parce que, comme la veſſie de notre expérience, ils ſont ſoutenus intérieurement par un fluide qui eſt le même que celui qui les environne. Nous reſpirons le même air qui nous comprime au-dehors : & les poiſſons ſont dans un pareil cas à l'égard de l'eau : car s'ils reſpirent de l'air avec l'eau, cet air, avant qu'il paſſe dans leur corps, eſt en équilibre par ſon reſſort, avec la preſſion du fluide dont il eſt chargé. Le mouvement de la poitrine au tems de la reſpiration n'eſt libre qu'autant qu'il y a équilibre entre l'air extérieur, & celui du dedans ; tout accident qui rendroit celui-ci plus foible ou plus fort, feroit auſſi qu'on reſpireroit avec difficulté.

Non-ſeulement la preſſion extérieure des fluides ne dérange pas les corps ſur leſquels elle agit ; mais elle

les conſerve au contraire dans leur forme naturelle à cauſe de ſon égalité ; elle contribue ſouvent à la cohérence de leurs parties, & elle arrête dans pluſieurs les progrès de la fermentation ou de la corruption qui tend à les diſſiper. Nous en pouvons trouver des preuves, ſans ſortir du genre animal. Lorſqu'on applique la ventouſe, (opération ſouvent plus douloureuſe que ſalutaire, & qui n'eſt plus guère d'uſage en France,) il s'éléve une tumeur à la partie charnue du corps ſur laquelle on fait ceſſer la preſſion de l'air, en y appliquant une petite pompe, ou une petite cloche de verre, dans laquelle on allume un peu d'étoupes pour raréfier l'air. Cette élévation de la peau eſt cauſée par l'affluence du ſang & des autres fluides, qui étant plus comprimés par-tout ailleurs, ſe portent à l'endroit où la preſſion eſt moindre.

C'eſt encore par une ſuſpenſion du poids de l'air à peu-près ſemblable, que les animaux nouveaux-nés tirent le lait des mammelles de leurs nourrices ; toute la partie où la nature

VIII. Leçon.

a raſſemblé cet aliment liquide, étant comprimée comme le reſte du corps, excepté l'endroit qui eſt ſucé, il ſe fait un écoulement, comme il arriveroit, ſi le mammelon reſtant expoſé à la preſſion de l'air, le reſte étoit plus comprimé que de coutume. Il eſt donc évident par ces exemples, que la preſſion égale des fluides ambiants, & la réſiſtance qu'ils font intérieurement, contient les corps dans leur état naturel, & qu'elle eſt néceſſaire pour cet effet.

Il eſt à préſumer cependant que l'équilibre des deux preſſions tant intérieure qu'externe, ne ſuffiroit pas toujours pour conſerver l'œconomie animale en ſon entier. Il y auroit ſans doute tel dégré de compreſſion qui la dérangeroit. Suppoſons, par exemple, que la veſſie de notre expérience, au lieu d'être une membrane mince & ſolide, ſoit un tiſſu lâche & ſpongieux, il eſt certain qu'étant plongé fort avant dans l'eau, ſon épaiſſeur ſeroit fort preſſée de part & d'autre, que ſes fibres ſe rapprocheroient, & que l'ordre en ſeroit changé. De même un animal qui eſt

à ſon aiſe dans ſon élément naturel, y ſouffriroit, ſi la preſſion à laquelle il eſt accoutumé venoit à s'augmenter conſidérablement, quoiqu'elle s'accrût également tant au-dedans qu'au-dehors. VIII. LEÇON.

Ne ſeroit-ce point-là la principale raiſon qui empêche les plongeurs de reſter aſſez long-tems ſous l'eau, à de grandes profondeurs? Car on les y deſcend dans une grande cloche pleine d'air, que l'on a même trouvé le moyen de renouveller, depuis qu'on s'eſt apperçu que cela étoit néceſſaire pour reſpirer ſans danger & librement. Cependant, malgré toutes les précautions qu'on a pû prendre juſqu'à préſent, il paroît qu'un homme qui s'expoſe dans cette machine, s'y trouve preſque toujours dans un état violent, & ſouvent on l'en a vû ſortir les yeux fort gros, & perdant du ſang par le nez ou par les oreilles, de maniére que cette invention éprouvée en différens pays, & de bien des façons, n'a point encore eu de grands ſuccès. C'eſt qu'il ne ſuffit pas de procurer au plongeur un air nouveau; il faudroit que cet air ne différât pas

VIII. LEÇON.

beaucoup de sa densité ordinaire ; & c'est ce qui ne paroît point praticable sous un volume d'eau considérable, dont il doit nécessairement supporter la pression. La plus belle épreuve de ce genre qui ait été faite, est celle de M. Halley, qui resta sous l'eau plus d'une heure, sans en être incommodé ; mais sa cloche ne fut plongée qu'à une profondeur d'environ 54 pieds de France, ce qui ne seroit pas suffisant dans bien des occasions ; d'ailleurs elle étoit fort grande ; & si cette condition étoit nécessaire pour le succès qu'elle eut, comme on le peut croire, on ne pourroit s'en servir que rarement, & dans des cas d'une grande importance, à cause des grands frais & des embarras qu'on ne peut éviter dans l'usage d'une telle machine.

II. PROPOSITION.

Si le Corps plongé est plus pesant que le volume de liqueur qu'il a déplacé, sa pesanteur respective le fait tomber au fond du vase, s'il est libre de lui obéir.

IV. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

L'inſtrument repréſenté par la *Fig.* 2. eſt une balance hydroſtatique, qui a pour baſe une caiſſe doublée de plomb. Les trois vaiſſeaux de verre *A*, *B*, *C*, ſe montent à vis ſur leurs pieds qui ſont creux, & qui communiquent avec un canal caché ſous le couvercle de la caiſſe. Ce canal eſt garni de quatre robinets ; ſçavoir, deux à ſes extrémités, dont on voit les clefs en *D* & en *E* ; & deux autres en *F*, & *G*. Ces deux derniers ouvrent des communications entre les trois vaſes, de ſorte que celui du milieu étant rempli d'eau ou de quelqu'autre liqueur, ceux des côtés enſemble, ou l'un ſans l'autre, peuvent s'emplir par le fond ; les deux robinets *D*, *E*, ſervent à évacuer dans la caiſſe, les vaſes des côtés, & même celui du milieu, ſi les communications ſont ouvertes. Le chapiteau du grand vaſe porte un fléau de balance avec deux petits baſſins qui peuvent s'ôter, quand il le faut, & ſous leſ-

VIII. LEÇON.

quels ſont deux petits crochets tournans *h*,*k*, auſquels on ſuſpend les corps qu'on veut peſer, dans les vaſes des côtés auſquels ils répondent.

Cet inſtrument aſſorti de toutes les piéces qui en dépendent, s'emploie commodément, & ſans cauſer aucunes ſaletés, pour faire toutes les expériences qui ont rapport à cette derniére partie de l'hydroſtatique. Mais pour ne point répéter pluſieurs fois la même figure, nous ne rapporterons pour chaque expérience que les choſes néceſſaires au fait dont il ſera queſtion, en ſuppoſant le reſte, comme nous venons de le décrire.

Pour la preuve de notre ſeconde Propoſition, le vaſe *B* étant preſque plein d'eau, on y fait plonger une bille d'ivoire, ſuſpendue par un fil au bras de la balance. Voyez la *Figure* 2.

EFFETS.

1°. Si l'on ne met rien dans le baſſin oppoſé à celui qui tient la bille ſuſpendue, cette bille ne manque pas de tomber au fond du vaſe.

2°. Si l'on charge le baſſin oppoſé pour

pour tenir la bille en équilibre dans l'eau, le poids que l'on emploie eſt toujours beaucoup moindre que celui de la bille peſée dans l'air.

EXPLICATIONS.

La bille d'ivoire de notre expérience, tient la place d'un volume d'eau, qui, s'il y étoit, ſeroit parfaitement en équilibre avec toutes les parties ſemblables de la même maſſe fluide, ſelon la quatriéme propoſition de la premiére Section ; ce volume ne pourroit ni déplacer par ſon poids celui de deſſous, ni être déplacé par celui de deſſus, parce que celui-ci n'auroit pas plus de force que lui pour aller au fond, & que celui-là en auroit autant que lui pour réſiſter à ſa chûte ; mais lorſqu'en ſa place il y a un corps plus denſe ou plus peſant, le volume d'eau qui eſt deſſous doit céder, non pas à tout ſon poids, mais à l'excès qu'il a ſur lui ; c'eſt pourquoi, pour empêcher la bille plongée de tomber au fond, il n'eſt pas beſoin de mettre dans le baſſin oppoſé un poids qui ſoit égal au ſien, mais ſeulement une quantité

VIII. LEÇON.

qui égale celle dont l'ivoire surpasse un pareil volume d'eau.

Il ne faut pas s'imaginer qu'un corps qui s'enfonce sous l'eau, augmente en poids par l'accroissement de la colonne qu'il laisse au-dessus de lui. Car le poids de cette colonne est toujours contrebalancé par la résistance de celle qui est dessous; & cette résistance est soutenue par la pression des colonnes voisines, qui égalent en hauteur celle qui pése sur le corps plongé. Celui-ci est donc toujours en équilibre, eu égard aux deux pressions de dessus & de dessous; & s'il tombe, ce n'est que parce qu'il a, par une plus grande quantité de matiére, la force de déplacer continuellement une quantité de liqueur, qui ne lui est égale qu'en volume.

L'accélération qu'on remarque dans la chûte des graves, ne peut donc pas être attribuée, comme l'ont prétendu quelques Philosophes, au fluide dont la hauteur s'augmente au-dessus d'eux, à mesure qu'ils tombent; d'ailleurs cet accroissement de hauteur de la part du fluide, ne ré-

pond point aux progrès de l'accélération des corps qui obéiſſent à leur peſanteur, ni à la nature de la gravité, qui affecte les corps en raiſon de leur maſſe, & non en raiſon de leur volume.

CONSEQUENCE.

Il ſuit de la propoſition que nous venons de prouver, qu'un corps, tel qu'il ſoit, ne tombe ou ne tend jamais à tomber avec toute l'intenſité de ſa peſanteur abſolue; car en quelque lieu que ſe faſſe ſa chûte, il eſt toujours plongé dans un milieu matériel, dont il déplace un volume ſemblable au ſien; ainſi, comme à la bille de notre expérience, il ne lui reſte, pour ſe porter de haut en bas, que ſa peſanteur reſpective: les gouttes de pluie, les grains de grêle, les floccons de neige, ne deſcendent vers la ſurface de la terre, qu'autant qu'ils excédent en peſanteur la quantité d'air dont ils occupent la place. Comme l'air eſt un fluide fort léger, la peſanteur reſpective des corps qu'il environne de toutes parts, diffère bien peu de leur peſanteur ab-

VIII. LEÇON.

ſolue ; on en apperçoit cependant la différence, lorſqu'on péſe un meme corps ſucceſſivement dans l'air & dans le vuide, comme dans l'expérience ſuivante.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut diſpoſer dans un large récipient une balance fort exacte & fort mobile, de maniére qu'on puiſſe élever le fléau en tirant la tige 1. *Fig.* 3. Avant que de faire le vuide, il faut avoir mis en équilibre une petite balle de plomb d'une part, & de l'autre une groſſe boule de liége, & avoir ſoin que ces deux corps ne poſent ſur rien d'humide ou de gras qui puiſſe empêcher les effets naturels de la peſanteur, quand on léve la balance.

EFFETS.

La boule de liége qui étoit bien en équilibre dans l'air avec le plomb, ſe trouve plus peſante que lui dans le vuide.

EXPLICATIONS.

VIII. Leçon.

La boule de liége dans l'air n'a que sa pesanteur respective qui surpasse celle du plomb: dans le vuide elle jouit de sa pesanteur absolue, n'étant soutenue sensiblement par aucun fluide. Or la pesanteur absolue est toujours plus grande que la pesanteur respective, puisque celle-ci n'est qu'un restant de celle-là. On peut répondre que le plomb dans le vuide revient aussi à sa pesanteur absolue; mais on verra bien-tôt, (& l'on pourroit déja l'entrevoir,) que quand les volumes en équilibre différent entre eux, comme ceux que nous avons employés, ce qu'ils reprennent de leur pesanteur, quand ils cessent d'être plongés, n'est point égal de part & d'autre.

APPLICATIONS.

Si l'immersion réduit les corps à une pesanteur respective toujours moindre que leur pesanteur absolue, les forces qui les soutiennent n'ont plus besoin d'être aussi grandes qu'elles devroient l'être, s'ils n'étoient point plongés. Aussi s'apperçoit-on

VIII. LEÇON.

bien de cette différence, lorſqu'on tire hors de l'eau quelque maſſe d'un volume un peu conſidérable. Les pêcheurs qui ont fait un bon coup de filet, ne craignent de le rompre que quand ils l'enlévent de l'eau dans l'air; on ſauve ſans peine une perſonne qui eſt en danger de ſe noyer, quand on peut la ſaiſir par la partie la plus fragile de ſes vêtemens; pareil ſecours ne ſuffiroit pas à quelqu'un qui ſeroit prêt de tomber par une fenêtre: c'eſt qu'un homme dans l'eau, n'a quelquefois pas cinq ou ſix livres de peſanteur reſpective, & qu'il en a aſſez ſouvent plus de 130 dans l'air.

III. PROPOSITION.

Ce qu'un ſolide plongé perd de ſon poids, eſt égal à celui du volume de liqueur déplacé.

Nous avons vû par les preuves de la propoſition précédente, qu'un corps plongé perd une partie de ſon poids pendant l'immerſion; par celle-ci nous voulons faire connoître quelle eſt cette quantité de ſon poids qui lui manque, tant qu'il eſt plongé; & ſelon notre énoncé, ſi le volume de

liqueur déplacé péſe deux onces, & que le corps plongé en péſe quatre, celui-ci perd la moitié de ſon poids, & la force qu'on employera pour l'empêcher de tomber au fond du vaſe, n'aura plus que deux onces à ſoutenir.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

L, Fig. 2. eſt un petit cylindre ſolide de métal, capable de remplir exactement le petit vaiſſeau *M* ſous lequel il eſt ſuſpendu. On attache le tout, & on le met en équilibre avec le poids *N* au fléau de la balance, & l'on fait venir de l'eau dans le vaſe *A* juſqu'à ce que le petit cylindre ſoit entiérement plongé.

EFFETS.

Par l'immerſion du corps *L*, le poids *N* devient trop peſant, l'équilibre ceſſe; mais il ſe rétablit, dès qu'on emplit d'eau le petit vaſe *M*.

EXPLICATIONS.

Le petit cylindre, dès qu'il eſt

VIII. Leçon.

plongé, devient trop léger, parce que l'immerſion lui ôte une partie de ſon poids; mais comme cette quantité qui lui manque, eſt égale en peſanteur au volume d'eau déplacé, l'équilibre ſe rétablit, lorſqu'on charge le bras de la balance, d'une quantité d'eau qui a la même grandeur que le corps plongé. Cette propoſition que nous venons de prouver, a pluſieurs conſéquences que nous allons déduire.

PREMIERE CONSEQUENCE.

Puiſque le volume de liqueur déplacé, meſure la quantité que le corps plongé perd de ſon poids, il s'enſuit, qu'à quantités égales de matiére, plus les corps ſont grands, plus ils perdent de leur poids par l'immerſion. Une livre d'ivoire ſeroit donc plus ſoutenue dans l'eau qu'une livre de marbre; la peſanteur reſpective ſeroit différente de part & d'autre, quoique ces deux matiéres fuſſent plongées dans le même fluide.

V. EXPERIENCE

V. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Mettez en équilibre au bras de la balance une bille d'ivoire, & une balle de plomb, & faites venir l'eau dans les deux vaſes auſquels répondent ces deux corps. *Fig.* 4.

EFFETS.

Dès qu'il y a aſſez d'eau dans les vaſes pour plonger les deux balles, le fléau de la balance ne peut plus demeurer dans une ſituation horiſontale, le plomb emporte l'ivoire.

EXPLICATIONS.

Chacun de ces deux corps perd une partie de ſon poids dans l'eau, mais ces quantités perdues ſont inégales entre elles; car elles ſont proportionnelles aux volumes d'eau déplacés, & le plomb en déplace moins que l'ivoire; celui-ci perd donc plus que l'autre de ſa premiére peſanteur; ce qui rompt l'équilibre.

APPLICATIONS.

Le plomb, le fer fondu, le cuivre

VIII. LEÇON.

ſont les matiéres dont on ſe ſert communément pour faire des poids de balance. Ces métaux ont pour l'ordinaire beaucoup moins de volume que les corps avec leſquels on les met en équilibre ; mais pour faire cet équilibre dans l'air où l'on péſe toutes les marchandiſes, il faut ſuppléer par une plus grande quantité à l'inégalité de la perte que font deux corps péſés dans le même fluide, quand leurs grandeurs ſont inégales; ainſi le Marchand donne plus d'une livre de pluine, quand il la péſe contre une livre de plomb : car ces deux matiéres dans l'air n'ont que leur peſanteur reſpective, c'eſt-à-dire, que ce fluide leur ôte une partie de leur peſanteur abſolue, & il en ôte plus à celle des deux qui a le plus de volume ; de ſorte que ſi l'on rapportoit la balance toute chargée dans le vuide; il faudroit néceſſairement ôter de la plume, pour conſerver l'équilibre. Il y a donc à gagner pour le Marchand, s'il réduit au plus petit volume qu'il eſt poſſible, ce qu'il vend au poids ; & ſi les matiéres précieuſes, comme le diamant, ſe peſoient ſous des volumes qui va-

luſſent la peine d'y faire attention, on gagneroit plus à les vendre au poids de fer, qu'au poids d'or ou de plomb, ſur-tout lorſque l'air dans lequel ſeroit la balance, deviendroit plus denſe. VIII. LEÇON.

II. CONSÉQUENCE.

Il ſuit encore de la troiſiéme propoſition, que plus le volume de liqueur déplacé eſt denſe, plus le corps plongé eſt ſoutenu; ainſi la peſanteur reſpective d'un même corps après l'immerſion, doit être d'autant plus grande, que la liqueur a moins de denſité.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On tient en équilibre aux bras de la balance deux billes d'ivoire bien égales en groſſeur; on emplit d'eau les deux vaſes auſquels elles répondent; enſuite l'un des deux ayant été vuidé, on ſubſtitue à l'eau qu'il contenoit, de l'eau-de-vie ou de l'eſprit-de-vin. *Fig.* 5.

EFFETS.

1°. Tant que les deux vaſes ſont

VIII. LEÇON.

pleins du même fluide, (d'air, ou d'eau,) l'équilibre subsiste entre les deux billes plongées.

2°. Lorsque l'une des deux billes plonge dans l'eau, & l'autre dans l'esprit-de-vin, ou dans l'eau-de-vie, celle-ci emporte la premiére.

EXPLICATIONS.

Les volumes de liqueurs déplacés étant mesurés par des corps d'égales grandeurs, & ces volumes étant pris dans la même liqueur, ils sont parfaitement semblables entre eux, eû égard à leurs quantités de matiére, & par conséquent ils résistent également aux corps plongés qu'ils ont à soutenir; & comme d'ailleurs ces deux billes ont des pesanteurs absolues fort égales entre elles, leur immersion dans la même eau ôte des quantités égales à des quantités inégales, les restans sont égaux, & l'équilibre subsiste.

Mais quand l'une des deux billes est plongée dans une liqueur moins dense que l'eau, elle est moins soutenue, elle perd moins de son premier poids, sa pesanteur respective est plus

grande, elle l'emporte sur l'autre.

VIII. LEÇON.

III. CONSEQUENCE.

Comme la densité est plus ou moins grande, non-seulement dans différens fluides, mais qu'elle peut aussi varier dans le même par le froid, par le chaud, ou autrement, & que les solides que l'on plonge, sont susceptibles des mêmes variations, il peut arriver que la pesanteur respective d'un même corps varie, quoique dans la même liqueur.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 6. représente une fiole de verre pleine d'esprit-de-vin, & dans laquelle on a renfermé une petite figure d'émail, qui se tient pour l'ordinaire en haut, parce qu'elle est plus légère qu'un pareil volume de la liqueur dans laquelle elle est; la fiole aboutit à un bain-marie qu'on fait chauffer par le moyen d'une petite lampe qu'on allume dessous.

VIII. LEÇON.

EFFETS.

Quand l'eſprit-de-vin a reçu un certain dégré de chaleur, on voit deſcendre la petite figure au fond de la fiole; & elle remonte, lorſque la liqueur eſt refroidie.

EXPLICATIONS.

La chaleur dilate tous les corps, comme nous le ferons voir en parlant de l'action du feu. L'eſprit-de-vin que l'on a chauffé, eſt donc moins denſe qu'il n'étoit étant plus froid. Mais ſi la maſſe totale de cette liqueur occupe un plus grand eſpace qu'auparavant, il faut que ſes parties ſoient plus rares, plus écartées les unes des autres; en un mot, il y en a moins dans le volume meſuré par la figure d'émail; & par conſéquent il n'eſt plus capable de la ſoutenir, elle va au fond de la fiole, & elle y demeure, tant que les choſes ſont en cet état; mais lorſque l'eſprit-de-vin ſe refroidit, ſes parties ſe rapprochent, ſe condenſent, & le volume qui répond à la petite figure, augmentant de matiére, & de poids par conſé-

quent, devient en état de la soutenir & de la soulever. Il est vrai que la même chaleur qui dilate la liqueur, dilate aussi la figure d'email; mais elle la dilate moins, & cela suffit pour faire naître les effets que nous venons d'expliquer.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le vaisseau représenté par la *Fig.* 7. est une espéce de bouteille longue de verre, élevée sur une patte de même matiére; elle est remplie d'eau, & si l'on veut qu'elle ne se géle point pendant l'hyver, on y peut mettre un tiers d'esprit-de-vin. On la bouche avec un morceau de vessie mouillée, que l'on étend sur l'orifice, & que l'on arrête autour du col avec un fil. Dans cette bouteille, est une petite figure creuse d'émail, plus légère que la liqueur, & au pied de laquelle on a pratiqué un petit trou, comme pour passer une épingle; ou bien la figure est solide, & l'on y joint au-dessus de la tête une petite ampoule de verre, percée d'un petit trou en sa partie inférieure.

VIII. LEÇON.

EFFETS.

1°. Lorsque l'on appuie avec le bout du doigt sur la vessie, la petite figure descend au fond de la bouteille, & y demeure tant que la même pression subsiste.

2°. Si l'on appuie moins fort, ou que l'on cesse d'appuyer, elle remonte aussi-tôt.

3°. Si l'on modére la pression, lorsqu'elle est en chemin pour descendre, elle se tient à tel endroit que l'on veut.

4°. Si l'on presse la vessie, comme par secousses, la petite figure pirouette sur elle-même.

Ces effets sont les mêmes, quand on renverse la bouteille & que la pression se fait de bas-en-haut; ainsi l'on peut donner à cette expérience un air de mystère, en arrangeant plusieurs tuyaux dans un chassis, & en faisant la pression nécessaire sur leurs orifices, d'une maniére cachée aux yeux des spectateurs, soit par des leviers de renvoi, soit par des cordons cachés dans l'épaisseur des bois, ou autrement. Voyez la *Figure* 8.

EXPLICATIONS.

Les liqueurs, ou ne ſe compriment point, ou ne ſe compriment que très-difficilement, comme nous l'avons enſeigné dans la ſeconde Leçon. L'air au contraire eſt un fluide flexible, & que l'on peut comprimer avec beaucoup de facilité; c'eſt ce que nous prouverons ailleurs. La petite figure creuſe d'émail ou l'ampoule de verre à laquelle elle eſt attachée, eſt remplie d'air, & elle eſt plongée dans l'eau. Elle eſt donc pleine d'une matiére compreſſible, & environnée d'une autre qui ne l'eſt point. Quand on appuie avec le doigt ſur la veſſie, on preſſe toute la maſſe de l'eau qui eſt dans la bouteille, la colonne qui répond au petit trou dont nous avons parlé, ne pouvant rentrer ſur elle-même à cauſe de ſon inflexibilité, porte tout l'effort qu'elle reçoit de la preſſion, contre l'air qui eſt dans la cavité; & comme ce fluide ſe laiſſe comprimer & reſſerrer dans un moindre eſpace, il céde à l'eau une partie de celui qu'il occupe; alors la figure d'émail eſt plus peſante qu'elle n'étoit; car on

VIII. LEÇON.

doit la considérer comme un composé d'émail, d'air plus condensé, & d'un peu d'eau qu'elle a reçue. Si le tout ensemble est plus pesant que le volume d'eau correspondant, il va au fond; il remonte au contraire, quand il est plus léger, c'est-à-dire, quand une moindre pression pousse moins d'eau dans la figure, ou qu'on laisse à l'air comprimé la liberté de repousser par son ressort celle qui est entrée: & l'on conçoit aisément qu'en ménageant cette pression du doigt, on retient dans la figure une quantité d'eau, telle que le tout ensemble est en équilibre dans la masse. Enfin comme le petit trou par où l'eau peut entrer ou sortir, est pratiqué à l'une des deux jambes, ou au bas de l'ampoule & un peu de côté, si le fluide qui y passe, est poussé ou repoussé avec une grande vîtesse, l'impulsion oblique doit faire tourner la figure sur elle-même; car étant ainsi suspendue dans l'eau, c'est comme si elle étoit mobile sur deux pivots, ou sur un axe.

Cette figure devient donc tantôt plus légère, tantôt plus pesante, que la liqueur dans laquelle elle est plon-

gée, non parce que le volume d'eau correſpondant change de denſité ou de grandeur, mais parce que le corps plongé devient lui-même alternativement plus denſe & plus léger de matiere, ſans changer de volume. VIII. LEÇON

APPLICATIONS.

Comme de tous les animaux qui reſpirent l'air, les uns ſe tiennent à la ſurface de la terre, pendant que d'autres s'élévent dans l'atmoſphère, & s'y meuvent à leur gré; de même parmi ceux qui habitent les eaux, il y en a quantité d'eſpéces qui ne quittent guère le fond, & beaucoup d'autres au contraire qui s'élévent de bas-en-haut, & qui deſcendent avec une égale facilité, quand leurs beſoins l'exigent. On trouve dans la plûpart de ces derniers une double veſſie remplie d'air, qui porte à croire que le poiſſon à l'aide de ce fluide à reſſort, augmente ou diminue le volume de ſon corps, quand il veut ou s'élever, ou deſcendre; car après ce qui a été dit ci-deſſus, on conçoit bien que l'animal augmentant en grandeur, ſans augmenter de

VIII. LEÇON.

matiére, peut devenir plus léger que le volume d'eau auquel il répond actuellement : & qu'au contraire s'il diminue ſon propre volume, il déplace moins d'eau, & qu'il peut ſe rendre de cette maniére, plus peſant que le fluide qui s'oppoſe à ſa chûte.

Ce qui rend cette explication encore plus vraiſemblable, c'eſt que ſi l'on dilate l'air de la double veſſie, en mettant le poiſſon dans le vuide; tant que cet état dure, il fait de vains efforts pour aller ou pour reſter au fond de l'eau, il ſurnage malgré lui : & il éprouve un effet tout contraire, lorſqu'on l'a privé de cet air intérieur ſoit en crevant la double veſſie, ſoit en la vuidant en partie.

Les animaux qui ſe noyent, vont d'abord au fond de l'eau, parce qu'ils ſont plus peſans qu'elle; mais quelque tems après on les voit reparoître à la ſurface, & communément ces apparitions recommencent pluſieurs fois. C'eſt que ces cadavres deviennent alternativement plus peſans & plus légers que le volume d'eau auquel ils répondent. L'animal ſuffoqué au fond d'une riviére ſe corrompt en peu de

jours : la corruption n'eſt qu'un déplacement de parties, & lorſqu'il ſe fait un mouvement général dans les parties d'un tout, ſon volume augmente. Un tel corps ſurnage donc, parce que, ſans avoir plus de matiére, il a plus de grandeur, & qu'il répond à un volume d'eau plus peſant que lui. C'eſt une choſe qui ne peut être ignorée de ceux qui ont eu occaſion de voir ces corps qui reviennent ainſi ſur l'eau. On a dû remarquer qu'ils ſont toujours gonflés & tendus comme des ballons ; mais s'ils reſtent quelque tems ainſi entre l'eau & l'air, la corruption augmente, il ſe fait des diſſolutions & des évacuations, qui donnent lieu aux parties les plus ſolides de s'affaiſſer & de ſe rapprocher, le volume total diminue, & répond à une moindre quantité d'eau qui n'eſt plus en état de le ſoutenir ; & ſi après cette nouvelle immerſion, quelqu'autre fermentation vient encore à gonfler le cadavre aſſez conſidérablement, on le voit reparoître de nouveau. VIII. LEÇON.

Un corps quelconque n'a pas beſoin que ſon propre volume ſoit augmen-

VIII. LEÇON.

té pour surnager; il suffit qu'il soit uni à quelque autre matiére plus légère que le fluide dans lequel il est plongé, & que le tout ensemble pése moins que le volume correspondant. Les gens qui apprennent à nager se garnissent le corps de vessies pleines d'air, ou de calebasses. Ces volumes auxiliaires les mettent en état de se soutenir plus facilement sur l'eau; mais avec ces sortes de précautions. les maladroits courent encore beaucoup de risques; car pour se noyer il suffit d'avoir la bouche & le nez dans l'eau, & celui qui ne sçauroit pas se tenir toujours dans une situation propre à lui laisser respirer l'air, périroit avant même que d'aller à fond.

Si, pour nager à l'impromptu, les autres animaux ont quelque avantage sur l'homme, je ne pense pas qu'ils en soient redevables, comme on le dit quelquefois, à l'ignorance du danger ou au défaut de réflexion. Quand un cheval, un bœuf, un chien se trouve à la nage malgré lui, de quelque maniére qu'il juge de sa situation, j'ai peine à me persuader qu'il n'en sente point le péril. Je lui vois faire tout

ce qu'un homme voudroit imiter en pareil cas ; & quand il a pris terre, il donne des ſignes de joie, & ſe comporte avec des précautions qui prouvent aſſez la peur qu'il a eue. Mais ce qui fait qu'un quadrupéde ſe ſauve plus facilement à la nage ; c'eſt, je penſe, que ſon poids qui tend à l'enfoncer, ne change rien à ſa poſture naturelle, & que quand le reſte du corps ſeroit entiérement plongé à fleur d'eau, ſa tête ſe trouve encore hors de l'eau ſans un grand effort. Il n'en eſt pas de même d'un homme ; l'endroit le plus peſant, ce qui ſe plonge le premier, eſt vers la tête, & quand il nage aſſez pour ne point aller à fond, il a encore des ſoins à prendre, & des efforts à faire, pour éviter d'avoir le viſage dans l'eau : auſſi les nageurs ſont-ils plus à leur aiſe ſur le dos qu'autrement.

VIII. LEÇON.

Cette explication dont je fais uſage depuis plus de 20 ans dans mes Leçons publiques, me paroît d'autant plus probable, qu'elle ſe trouve aſſez conforme à celle d'un Sçavant qui n'a point été à portée de m'entendre, & qui eſt trop riche de ſon propre fond

VIII. LEÇON.

pour être ſoupçonné de s'approprier les penſées des autres. Feu M. Bazin ci-devant Bibliothéquaire de S. E. Monſeigneur le Cardinal de Rohan à Straſbourg, digne Correſpondant de M. de Reaumur, à l'Académie des Sciences, & l'Auteur de pluſieurs Ouvrages de Phyſique, qui ont été juſtement applaudis, fit imprimer en 1741. un volume *in*-8°. dans lequel on trouve une diſſertation fort curieuſe, ſur la différence qu'il y a entre l'homme & les bêtes, par rapport à la facilité de nager. Le Lecteur qui voudra s'inſtruire amplement ſur cette matiére, trouvera dans cette écrit de quoi ſe ſatisfaire.

Si des calebaſſes, ou des veſſies pleines d'air empêchent un homme d'aller à fond, de pareils moyens employés d'une maniére convenable peuvent ſoulever, & amener à la ſurface de l'eau des corps ſubmergés auſquels on les auroit joints. Lorſqu'un navire a échoué ſur le ſable, ou qu'il eſt envaſé, pour le remettre à flot, on y attache, dans le tems de la marée baſſe de grandes caiſſes très-fortes, & dont les volumes ſont proportionnés au poids du vaiſſeau, & à l'effort qu'on

qu'on juge néceſſaire pour le détacher à la marée montante, ſi le volume d'eau qui répond à cet aſſemblage, péſe plus que lui, il ne manque pas de l'enlever, & de le mettre en état d'être tiré à bord. VIII. LEÇON.

Quand cette opération doit ſe faire dans des endroits où il n'y a point de marée, c'eſt-à-dire, où la ſurface de l'eau demeure toujours à même hauteur, on emplit d'eau les caiſſes que l'on veut joindre au vaiſſeau, pour les faire enfoncer le plus profondément qu'il eſt poſſible, ſans cependant les ſubmerger; & lorſqu'elles ſont attachées, on les vuide avec des pompes, pour leur rendre la premiére légéreté qu'elles avoient, & qu'elles doivent partager avec le corps engravé, & ce procédé a le même ſuccès que le premier, ſi l'on a obſervé les proportions néceſſaires.

Le plus difficile dans ces ſortes d'opérations, c'eſt de paſſer des cables ſous le vaiſſeau engravé, ſur-tout quand il l'a été long-tems, & que la vaſe s'eſt endurcie autour, & s'y eſt conſidérablement accumulée. Cette difficulté a été vaincue il y a environ

VIII. LEÇON.

18 ans avec beaucoup de courage, & fort ingénieusement, par M. Goubert, Officier des vaisseaux du Roi, qui sçut joindre à la valeur la plus éprouvée, la sagacité des plus habiles Ingénieurs, & qui est enfin venu à bout d'enlever un des vaisseaux qui avoient péri en 1702, dans la rade de *Vigo* en Espagne ; entreprise qui avoit été tentée inutilement, & à grands frais, par plusieurs Compagnies formées tant en France qu'ailleurs. C'est dommage qu'un succès aussi heureux n'ait valu à M. Goubert que des applaudissemens ; les espérances dont il pouvoit se flatter, avoient échoué sans retour avec le vaisseau : on avoit sans doute eu soin d'en ôter les effets à l'aspect du naufrage ; on n'y trouva rien qui pût dédommager les entrepreneurs des grands frais auxquels cet ouvrage les avoit engagés.

IV. PROPOSITION.

Si le corps solide est moins pesant qu'un pareil volume de la liqueur dans laquelle il est plongé, il surnage en partie ; ce qui reste plongé mesure une quantité de liqueur qui pése autant que le corps entier.

IX. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Le vaſe repréſenté par la *Fig. 9.* eſt de verre, preſque cylindrique, & garni par en-bas d'un robinet; on y met de l'eau à peu près juſqu'aux deux tiers, où l'on fait une marque; on y plonge enſuite une boule de cire bien ronde, & preſque auſſi groſſe que le vaiſſeau eſt large; cette immerſion éléve la ſurface de l'eau; on en ôte par le robinet, tant que la ſurface ſoit baiſſée juſqu'à la marque où elle étoit en premier lieu; on retire la boule de cire, on l'eſſuie, & on la péſe contre la quantité d'eau qu'on a tirée du vaſe.

EFFETS.

La boule & cette quantité d'eau, ſe font réciproquement équilibre; ou ſi cela n'eſt point à la rigueur, il s'en faut de ſi peu de choſe, qu'il eſt aiſé de voir que cette petite différence vient d'un défaut d'exactitude dans le procédé; car il ſuffit pour cela qu'en tirant l'eau du vaſe, il en ſoit ſorti

quelques gouttes de plus ou de moins qu'il ne faut.

VII. Leçon.

EXPLICATIONS.

La boule de cire plongée ne s'enfonce point entiérement ſous l'eau, parce qu'elle eſt un peu plus légère ; mais la plus grande partie qui reſte plongée, déplace une quantité d'eau qui s'éléve au-deſſus de la marque. Lorſqu'on tire de l'eau par le robinet, juſqu'à ce que la ſurface revienne à cette même marque, on eſt ſûr d'avoir la quantité déplacée par l'immerſion de la boule, & puiſque cette quantité d'eau fait équilibre à la boule entiére, n'eſt-ce pas une preuve, que *la partie plongée meſure une quantité de liqueur qui péſe autant que le corps entier*, comme nous l'avons énoncé dans notre propoſition ?

CONSEQUENCES.

Il ſuit de la propoſition précédente

1°. Que d'un corps qui ſurnage, la partie plongée eſt d'autant plus petite, que la liqueur eſt plus denſe, ou que le corps plongé eſt moins peſant.

2°. Qu'il y a toujours une partie plongée, lorsque le solide qui repose sur la liqueur, a une pesanteur & une épaisseur sensible. Car s'il est pesant, comme on le suppose, il faut quelque chose qui lui fasse équilibre: & ce qui fait cet équilibre c'est le volume de liqueur déplacé, comme nous l'avons prouvé dans la derniére expérience. VIII. LEÇON

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un petit vase long & étroit, qu'on a rempli de quelque liqueur jusqu'aux trois quarts de sa capacité, *Fig.* 10. on plonge une petite bouteille de verre très-mince, qui a un long col gradué, & qui est lestée au fond avec un peu de mercure, afin qu'elle se tienne dans une direction perpendiculaire.

EFFETS.

Cette petite bouteille à long col, qu'on nomme communément *Aréomètre*, ou *Pese-liqueurs*, s'enfonce plus ou moins dans le vase, selon qu'il est

VIII. LEÇON.

rempli d'une liqueur plus ou moins denſe, c'eſt-à-dire, qu'il deſcend plus profondément dans le vin que dans l'eau, & dans l'eau-de-vie encore plus que dans le vin. Et ſi l'on met au haut de ſa tige quelque petite lame de métal, il s'enfonce plus avant, quoique dans la même liqueur.

EXPLICATIONS.

La partie plongée de l'aréométre, ſouléve autant de liqueur qu'il en faut pour faire équilibre à l'inſtrument entier. S'il péſe une once, par exemple, il ſouléve moins d'eau que de vin, quant au volume, parce qu'il faut plus de vin que d'eau pour le poids d'une once, & comme il ne fait monter la liqueur qu'en s'enfonçant, il doit donc plonger plus avant, dans celle qui eſt la plus légère.

Si l'on augmente le poids de l'aréométre par l'addition de quelque lame de métal ou autrement, il s'enfonce plus avant, quoique dans la même liqueur, parce qu'alors il en faut une plus grande quantité pour lui faire équilibre.

APPLICATIONS.

VIII. LEÇON.

Puiſque tous les corps qui flottent, comme nous venons de le faire voir par l'expérience de l'aréométre, s'enfoncent plus ou moins, ſelon la denſité du fluide; une barque chargée en mer aura donc moins de parties hors de l'eau, ſi elle vient à remonter une riviére : car l'eau ſalée péſe plus que l'eau douce, & les nageurs aſſurent qu'ils en ſentent bien la différence. On doit donc avoir égard à cet effet, & ne pas rendre la charge auſſi grande qu'elle pourroit l'être, ſi l'on prévoit qu'on doive paſſer par une eau moins chargée de ſel, que celle où l'on s'embarque.

On á vû quelquefois des *iſles flottantes*, c'eſt-à-dire, des portions de terre aſſez conſidérables, qui ſe détachant du continent, & ſe trouvant moins peſantes que l'eau, ſe ſoutiennent à la ſurface, & flottent au gré des vents. L'eau mine peu à peu certains terreins qui ſont plus propres que d'autres à ſe diſſoudre; ces ſortes d'excavations s'augmentent avec le tems & s'étendent au loin; le deſ-

VIII. LEÇON.

sus demeure lié par les racines des plantes & des arbres, & le sol n'est ordinairement qu'une terre bitumineuse, fort légère, de sorte que cette espéce de croute est moins pesante que le volume d'eau sur lequel elle est reçue, quand un accident quelconque vient à la détacher de la terre ferme, & la met à flot.

L'exemple de l'aréométre fait voir encore qu'il n'est pas besoin, pour surnager, que le corps flottant soit d'une matiére plus légère que l'eau. Car cet instrument ne se soutient point en vertu du verre ou du mercure dont il est fait, mais seulement parce qu'il a, avec peu de matiére, un volume considérable qui répond à une quantité d'eau plus pesante. Ainsi l'on pourroit faire des barques de plomb ou de tout autre métal, qui ne s'enfonceroient pas. Et en effet les chariots d'artillerie portent souvent, à la suite des armées, des gondoles de cuivre, qui servent à établir des ponts, pour le passage des proues.

De

De la Balance hydroſtatique, & de ſes uſages.

VIII. LEÇON.

La balance hydroſtatique que nous avons employée pour les expériences précédentes, eſt un inſtrument fort commode pour connoître la peſanteur ſpécifique des fluides & des ſolides, qui peuvent être plongés ſans ſe diſſoudre & ſans changer de volume. Nous ne pouvons pas nous étendre beaucoup ſur ces uſages, parce que ces ſortes de détails paſſent les bornes que nous nous ſommes preſcrites dans cet Ouvrage; ceux qui ſeront curieux de les ſçavoir, pourront lire ce qu'en ont écrit Boyle, & après lui MM. Cotes, Deſaguilliers, s'Graveſande, &c. nous nous contenterons de faire voir que les effets de cette balance ne ſont que des applications des principes établis ci-deſſus, & nous nous bornerons à quelques exemples qui ſuffiront pour le prouver.

VIII. LEÇON.

PREMIER USAGE.

Connoître la Peſanteur ſpécifique d'une Liqueur.

La peſanteur ſpécifique d'une matiére, c'eſt le poids qu'elle a ſous un volume connu: c'eſt ce qu'on nomme auſſi ſa *denſité*. Un ſolide entiérement plongé déplace un volume de liqueur égal à lui. On aura donc la ſolution du problême ſi l'on a un moyen de connoître le poids de ce volume déplacé : or la quatriéme expérience nous a appris que ce poids eſt préciſément celui que perd le ſolide par ſon immerſion ; ainſi on procédera de la maniére qui ſuit.

Ayez un corps ſolide qui puiſſe ſe plonger ſans changer de volume, & ſans admettre la liqueur dans ſes pores, comme du verre, par exemple; ce corps peut être ſphérique, cylindrique, cubique, &c. comme l'on veut. Suſpendez-le avec un cheveu, ou un crin, au bras de la balance, pour connoître d'abord ſa peſanteur abſolue ; faites-le enſuite plonger entiérement dans la liqueur ; l'équilibre

sera d'abord rompu par cette immersion ; ce que vous serez obligé d'ajouter pour le rétablir, sera justement le poids du volume de liqueur qui a été déplacé par le corps plongé. Si ce corps étoit un cube d'un pouce, & qu'après l'avoir plongé on eût ajouté 4 gros, il faudroit conclure qu'un pouce cube de la liqueur pése 4 gros, ou une demi-once.

VIII. LEÇON.

On peut objecter, contre l'exactitude de ce procédé, que la gravité de ce cube de verre, pesé en l'air, n'est point sa pesanteur absolue, puisque l'air en qualité de fluide ambiant, lui ôte une partie de son poids ; mais le plomb qui le tient en équilibre, souffre une perte à peu-près semblable ; & l'air est si léger, que la pesanteur respective & la pesanteur absolue sont sensiblement les mêmes, quand les corps qui y sont plongés, n'ont que des volumes peu considérables.

Mais une attention qu'on ne sçauroit porter trop loin dans ces sortes d'expériences, c'est que le solide plongé, & la liqueur où se fait l'immersion, ne varient point de den-

VIII. LEÇON.

sité pendant l'opération. Car si celle-ci se raréfie ou se condense, ou bien que le volume de celui-là augmente ou diminue, il en résultera du mécompte ; & il n'est que trop possible que cela arrive par le chaud, par le froid, & parce qu'on jugera peut-être de l'état d'une liqueur par son nom, sans faire attention que tout ce qui s'appelle eau commune, esprit-de-vin, &c. n'est pas toujours d'une égale densité.

Pour remédier à une partie de ces inconvéniens, je voudrois qu'au lieu de plonger un corps solide de verre, on se servît d'une boule creuse, terminée par un tube capillaire, & remplie de mercure comme un thermomètre ; par ce moyen on pourroit s'assurer du dégré de densité de la liqueur, au moins de celui qui résulte du froid ou du chaud actuel ; & l'on seroit sûr en même tems, que le volume du corps plongé n'est point changé. Car si la température de la liqueur venoit à changer, on en seroit averti par l'ascension ou l'abaissement du mercure dans le tube capillaire.

II. USAGE.

Comparer les peſanteurs ſpécifiques de deux Liqueurs.

Lorſque l'on a connu la peſanteur ſpécifique de l'une des deux, par l'uſage précédent, on répéte l'opération ſur l'autre, & la différence des poids qu'il faut ajouter pour rétablir l'équilibre après l'immerſion, eſt auſſi celle de leurs peſanteurs ſpécifiques.

Dans ces ſortes de comparaiſons il faut bien prendre garde que le dégré de fluidité n'entre pour quelque choſe. Il eſt des liqueurs plus viſqueuſes, plus difficiles à diviſer, dans leſquelles l'immerſion du corps ſolide ſe fait plus difficilement indépendamment de la denſité ; quand cela eſt ainſi, il faut avoir recours à quelqu'autre procédé, pour connoître avec exactitude la peſanteur ſpécifique.

VIII. Leçon.

III. USAGE.

Comparer les gravités spécifiques de deux corps solides.

Par la cinquiéme expérience nous avons prouvé que des solides dont les pesanteurs absolues sont égales, en perdent, par l'immersion dans un même fluide, des quantités qui sont proportionnelles à leurs volumes.

Mettez donc en équilibre dans l'air deux morceaux des matiéres proposées; faites-les plonger ensuite entiérement dans deux vases remplis de la même liqueur. Si leurs volumes sont égaux, l'équilibre subsistera, parce que les pertes seront égales de part & d'autre; s'ils sont inégaux, le plus petit emportera l'autre; & ce qu'il faudra ajouter à celui-ci pour le remettre en équilibre, sera la différence qu'il y aura entre les gravités spécifiques des deux.

Si les corps en question ne sont point assez pesans pour se plonger tout-à-fait par leur propre gravité, on pourra y joindre des poids qui ne changeront rien à l'effet, s'ils sont

parfaitement ſemblables de part & d'autre. Mais il faut bien prendre garde qu'il ne s'attache à la ſurface des corps plongés, des bulles d'air, ou quelque choſe de gras, qui empêche la liqueur de s'y appliquer exactement de toutes parts; car leurs volumes alors ſeroient augmentés, & leur peſanteur en paroîtroit d'autant diminuée.

IV. USAGE.

Comparer la gravité ſpécifique d'un corps ſolide, avec celle d'une liqueur.

Quand on a peſé un corps ſolide dans l'air, ce qui lui reſte enſuite de ſon poids lorſqu'il eſt plongé dans la liqueur, eſt la différence qu'il y a entre les péſanteurs ſpécifiques de ce corps, & du volume correſpondant de la liqueur. Si, par exemple, un morceau d'or péſe 19 gros dans l'air, & qu'il n'en péſe plus que 18, étant plongé dans l'eau commune, c'eſt une marque qu'une telle immerſion lui ôte de ſon poids, & que la pe-

VIII. LEÇON.

ſanteur ſpécifique de l'eau eſt à celle de l'or comme 1 à 19.

Remarques ſur l'Aréométre, ou Péſe-liqueurs.

L'aréométre que nous avons repréſenté par la *Fig.* 10. eſt encore un inſtrument avec lequel on peut connoître de deux liqueurs laquelle eſt la plus peſante; mais ſi l'on veut s'en ſervir pour connoître au juſte le rapport des peſanteurs, il faut le conſtruire & l'employer avec des précautions dont on ſe diſpenſe pour l'ordinaire, & ſans leſquelles cependant on n'en peut rien attendre d'exact.

1°. Il faut que les liqueurs dans leſquelles on plonge l'aréométre, ſoient exactement au même degré de chaleur ou de froid, afin qu'on puiſſe être sûr que leur différence de denſité ne vient point de l'une de ces deux cauſes, & que le volume de l'aréométre même n'en a reçu aucun changement.

2°. Que le col de l'inſtrument ſur lequel eſt marquée la graduation,

ſoit par-tout d'une groſſeur égale; car s'il eſt d'une forme irréguliére, les degrés marqués à égales diſtances, ne meſureront pas des volumes de liqueur ſemblables en ſe plongeant; il ſera plus sûr & plus facile de graduer cette échelle relativement à la forme du col, en chargeant ſucceſſivement l'inſtrument de pluſieurs petits poids bien égaux, dont chacun produira l'enfoncement d'un degré.

3°. On doit avoir ſoin que l'immerſion ſe faſſe bien perpendiculairement à la ſurface de la liqueur, ſans quoi l'obliquité empêcheroit de compter avec juſteſſe le dégré d'enfoncement.

4°. Comme l'uſage de cet inſtrument eſt borné à des liqueurs qui different peu de peſanteur entr'elles, on doit bien prendre garde que la partie qui ſurnage ne ſe charge de quelque vapeur ou ſaleté qui occaſionneroit un mécompte, dans une eſtimation où il s'agit de différences peu conſidérables. Et lorſque l'aréométre paſſe d'une liqueur à l'autre, on doit bien prendre garde que ſa ſurface ne porte aucun enduit

qui empêche que celle où il entre ne
VIII. LEÇON. s'applique exactement contre ſa ſurface.

5°, Enfin malgré toutes ces précautions, il reſte encore la difficulté de bien juger le degré d'enfoncement, parce que certaines liqueurs s'appliquent mieux que d'autres au verre, & qu'il y en a beaucoup qui lorſqu'elles le touchent, s'élévent plus ou moins au-deſſus de leur niveau.

Quand on ſe ſert de l'aréométre dont il eſt ici queſtion, il faut la plonger d'abord dans la liqueur la moins peſante, & remarquer à quel endroit de la graduation ſe rencontre ſa ſurface: en ſuite il faut le rapporter dans la plus denſe, & charger le haut de la tige ou du col, de poids connus juſqu'à ce que le dégré d'enfoncement ſoit égal au premier. La ſomme des poids qu'on aura ajoutés, pour rendre cette ſeconde immerſion égale à la premiere, ſera la différence des peſanteurs ſpécifiques entre les deux liqueurs.

M. Homberg, & pluſieurs Phyſiciens après lui, ſe ſont ſervis pour

peſer les liqueurs, d'un petit vaiſſeau de verre mince que l'on voit repréſenté dans la *Fig.* 11; on a pratiqué à côté du col un petit tuyau montant, par le moyen duquel on a prétendu emplir la bouteille toujours également, parce qu'il eſt plus facile d'eſtimer la hauteur juſte de la liqueur dans un petit tuyau, que dans le col de l'inſtrument où la ſurface eſt plus étendue. De cette maniére, on a compté meſurer toujours des volumes égaux, dont il ſeroit aiſé de connoître la peſanteur en les appliquant à une balance. Mais nous ne pouvons diſſimuler que cette méthode eſt ſujette, comme les autres, à pluſieurs inconvéniens; le plus grand de tous, c'eſt que le petit tuyau montant eſt fort étroit, & que les liqueurs ne s'y mettent point de niveau; la plûpart s'y tiennent plus élevées, comme nous le dirons bientôt, & cet excès n'eſt pas le même pour toutes.

VIII. LEÇON.

Pluſieurs Sçavans ſe ſont donné la peine d'examiner les peſanteurs ſpécifiques d'un grand nombre de matieres, tant ſolides que fluides, &

VIII. LEÇON.

de les rédiger en tables. On doit assûrément leur ſçavoir gré de ce travail, & l'on en ſent toute la difficulté quand on penſe aux attentions ſcupuleuſes, & au tems qu'on eſt obligé de donner à ces ſortes de recherches, lorſqu'elles deviennent néceſſaires; mais leurs expériences, quelque exactes qu'elles aient été, ne peuvent nous ſervir de régles que comme des à peu-près. Car les individus de chaque eſpéce, varient entre eux, quant à la denſité; & l'on ne peut pas dire que deux diamans, deux morceaux de cuivre, deux gouttes de pluie, &c. ſoient parfaitement ſemblables. Ainſi quand il eſt queſtion de ſçavoir au juſte la peſanteur ſpécifique de quelques corps, il faut le mettre lui-même à l'épreuve; c'eſt le ſeul moyen d'en bien juger. Il y a à la vérité mille occaſions où cette grande exactitude eſt ſuperflue, & alors on peut s'en rapporter aux recherches d'un Phyſicien habile & exact; c'eſt dans cette vûe que nous avons placé ici une table dreſſée ſur les expériences de M. Muſchenbroek, dont on connoît ſuffiſamment la ſagacité & l'exactitude.

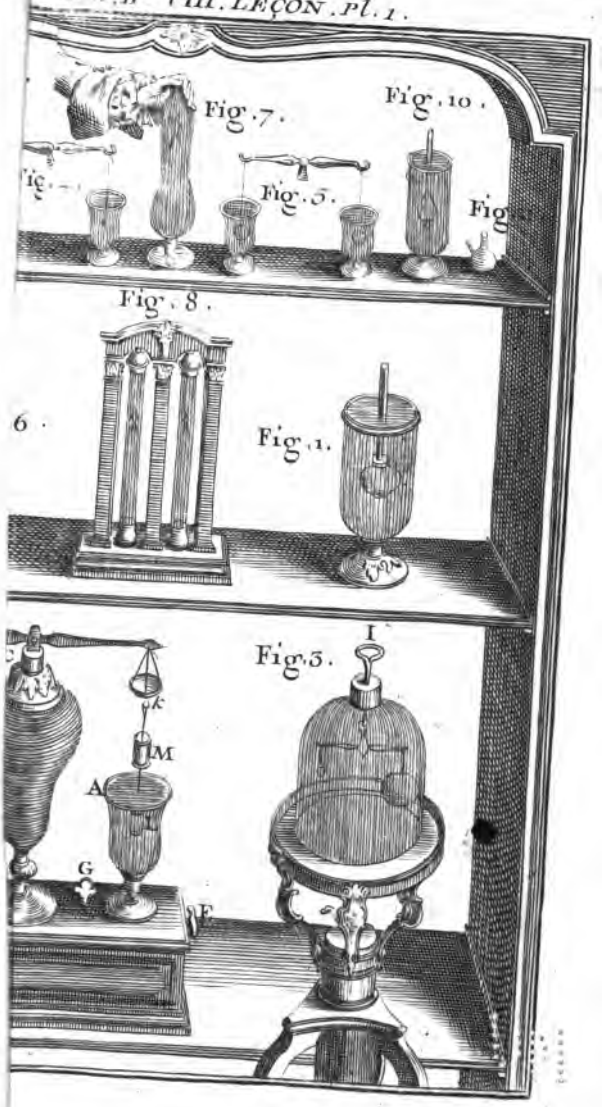


Fig. 7.
Fig. 10.
Fig. 5.
Fig. 8.
Fig. 1.
Fig. 3.
I
M
A
G
E

Les pesanteurs spécifiques de toutes les matiéres énoncées dans cette table, sont comparées à celle de l'eau commune ; & l'on prend pour eau commune celle de la pluie dans une température moyenne. Ainsi lorsqu'on verra dans la table, eau de pluie . . . 1, 000 : or de coupelle 19, 640, air 0, 001 $\frac{1}{4}$, c'est-à-dire, que la pesanteur spécifique de l'or le plus fin, est à celle de l'eau comme 19 $\frac{1}{2}$ à peu-près, à 1 ; & que la gravité de l'air n'est presque que la milliéme partie de celle de l'eau.

Table alphabétique des matiéres les plus connues, tant solides que fluides, dont on a éprouvé la pesanteur spécifique.

Acier flexible ou non trempé. 7, 738.
Acier trempé. . . . . 7, 704.
Agathe d'Angleterre. . . . . 2, 512.
Air. . . . . 0, 001 $\frac{1}{4}$
Albâtre. . . . . 1, 872.
Alun. . . . . 1, 714.
Ambre. . . . . 1, 040.
Amiante. . . . . 2, 913.
Antimoine d'Allemagne. . . . 4, 000.

VIII. LEÇON.

Antimoine d'Hongrie.....4, 700.
Ardoise bleue.....3, 500.
Argent de coupelle.....11, 091.
Bismuth.....9, 700.
Bois de Brésil.....1, 030.
——Cédre.....0, 613.
——Orme.....0, 600.
——Gayac.....1, 337.
——Ebéne.....1, 177.
——Erable.....0, 755.
——Frêne.....0, 845.
——Bouis.....1, 030.
Borax.....1, 720.
Cailloux.....2, 542.
Camphre.....0, 995.
Charbon de terre.....1, 240.
Cinabre naturel.....7, 300.
——artificiel.....8, 200.
Cire jaune.....0, 995.
Corail rouge.....2, 689.
——blanc.....2, 500.
Corne de bœuf.....1, 840.
——cerf.....1, 875.
Cryſtal de roche.....2, 650.
——d'Iſlande.....2, 720.
Cuivre de Suéde.....8, 784.
——jetté en moule.....8, 000.
Diamant.....3, 400.
Ecailles d'huîtres.....2, 092.

Encens..... 1, 071.
Eau commune ou de pluie.. 1, 000.
——— distillée..... 0, 993.
——— de riviére..... 1, 009.
Esprit-de-vin rectifié..... 0, 866.
——— de térébenthine..... 0, 874.
Etain pur..... 7, 320.
——— allié d'Angleterre.... 7, 471.
Fer..... 7, 645.
Gomme Arabique..... 1, 375.
Grenat de Bohême..... 4, 360.
——— de Suéde..... 3, 978.
Huile de lin..... 0, 932.
——— d'olives..... 0, 913.
——— de vitriol..... 1, 700.
Karabé ou ambre jaune..... 1, 065.
Lait de vache..... 1, 030.
Litarge d'or..... 6, 000.
——— d'argent..... 6, 044.
Maganéſe..... 3, 530.
Marbre noir d'Italie..... 2, 704.
——— blanc d'Italie..... 2, 707.
Mercure..... 13, 593.
Noix de Galles..... 1, 034.
Or d'eſſai ou de coupelle.. 19, 640.
——— d'une guinée..... 18, 888.
Os de bœuf..... 1, 656.
Pierre ſanguine..... 4, 360.
——— calaminaire..... 5, 000.

VIII. LEÇON.

Pierre à fusil opaque.....2, 542.
——— transparente..... 2, 641.
Plomb..... 11, 325.
Poix.....1, 150.
Sang humain..... 2, 040.
Sapin.....0, 550.
Sel de Glauber.....2, 246.
———ammoniac.....1, 453.
———gemme.....2, 143.
———Policreste.....2, 148.
Soufre commun.....1, 800.
Talc de Venise.....2, 780.
Tartre.....1, 849.
Turquoise..... 2, 508.
Verd-de-gris.....1, 714.
Verre blanc.....3, 150.
Verre commun..... 2, 620.
Vin de Bourgogne.....0, 993.
Vinaigre de Vin..... 1, 011.
——— distillé.....1, 030.
Vitriol d'Angleterre.....1, 880.
Yvoire.....1, 825.

APPENDICE.

APPENDICE,

Touchant les tuyaux capillaires, & les cauſes immédiates de la fluidité & de la ſolidité des corps.

ARTICLE PREMIER.

Des tuyaux capillaires.

JE place ici ce qu'il importe de ſçavoir touchant les tuyaux capillaires, comme des exceptions aux loix de l'hydroſtatique, qui ont été établies précédemment. Ce n'eſt pas que je penſe qu'il ſoit abſolument impoſſible de rappeller à ces loix générales ce qu'il y a de ſingulier en apparence dans ces ſortes de phénoménes : mais quoique cela ait été tenté pluſieurs fois, & par des Phyſiciens du premier ordre, nous ne diſſimulerons point que le ſuccès en eſt encore douteux, & que ce qu'ils ont dit ſur cette matiére, ne peut être reçu que comme des probabilités, ingénieuſes pour la plûpart, mais

VIII. Leçon.

qui laissent toujours des difficultés à résoudre. D'autres peut-être plus heureux dans leurs recherches, trouveront le moyen de concilier avec des principes généralement avoués, ces effets à qui l'on seroit tenté d'imaginer des causes nouvelles & d'un genre particulier, si l'on ne sçavoit qu'en Physique l'imagination n'a pas grand poids, si l'expérience ne la soutient.

On appelle *tubes*, ou *tuyaux capillaires*, ceux qui sont menus: ils peuvent être faits de verre, ou de toute autre matiére capable de contenir les liqueurs. Ce nom leur vient, sans doute, de la ressemblance qu'ils peuvent avoir avec les cheveux, que l'on regarde communément comme de petits canaux creux dans toute leur longueur, & capables de transmettre certaines humeurs.

Cette comparaison néanmoins ne limite pas la grosseur des tubes capillaires à celle d'un cheveu; ceux dont on se sert communément pour les expériences, sont beaucoup moins menus, & les effets qui sont propres à ces sortes de tuyaux, se laissent en-

core appercevoir, quand leur diamétre égale deux lignes, & même deux lignes & demie. Leur forme eſt tout-à-fait indifférente : deux morceaux de glace de miroir, dont les plans s'approchent parallélement à une diſtance convenable, produiſent les mêmes effets qu'une ſuite de petits tuyaux ; & tous les corps ſpongieux, ou aſſez poreux pour admettre les liqueurs, peuvent être auſſi conſidérés comme des aſſemblages de canaux capillaires. Nous allons expoſer dans les expériences qui ſuivent, ce qu'il y a de plus intéreſſant dans cette matiére. On verra dans les préparations les différentes dimenſions que peuvent avoir les tuyaux capillaires, & leurs propriétés ſe connoîtront par les effets réſultans de chaque procédé. VIII. Leçon.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un petit gobelet *AB*, *Fig.* 12. que l'on emplit ſucceſſivement de différentes liqueurs, on plonge le petit tuyau *CD*, dont les deux ex-

VIII. LEÇON.

trémités ſont ouvertes, & que l'on a attaché ſur une petite bande de carton blanc diviſé ſelon ſa longueur en parties égales.

EFFETS.

Premiére propriété des tubes capillaires.

Dès que le tube eſt plongé, la liqueur s'éléve vers D; & ſi l'on enfonce le tube plus avant dans le gobelet, la liqueur monte d'autant au-deſſus de l'endroit où elle s'étoit fixée d'abord; cet effet eſt général pour toutes les liqueurs; il en faut ſeulement excepter une, dont nous ferons mention ci-après.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On procéde dans cette expérience comme dans la précédente; les liqueurs dont on emplit ſucceſſivement le petit gobelet, ſont l'urine, l'eſprit-de-vin, l'eſprit de nitre, l'eau ſalée, l'huile de vitriol. Il faut avoir ſoin de faire paſſer de l'eau nette dans le petit tube, à chaque fois que l'on

change de liqueur, faire enſorte qu'elles ayent toutes la même température, & remarquer à quel dégré chacune s'éléve. VIII. LEÇON.

EFFETS.

Seconde propriété.

Ces liqueurs s'élévent dans le même tube à différentes hauteurs, ſelon l'ordre qui ſuit, en commençant par celles qui montent le plus haut; l'urine, l'huile de vitriol concentrée, l'eau ſalée, l'eſprit de nitre & l'eſprit-de-vin; ce qui fait voir que les liqueurs ne s'élévent point dans les tubes capillaires en raiſon inverſe de leur denſité, puiſque l'eſprit-de-vin, qui eſt le plus léger, eſt celui de tous ces liquides qui s'éléve le moins.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans de l'eau colorée on plonge deux tubes de même longueur, mais dont les diamétres pris intérieurement différent de moitié. *Fig.* 13.

VIII. LEÇON.

EFFETS.

Troiſiéme propriété.

L'eau s'éléve une fois plus haut, dans celui des deux tubes qui a le diamétre une fois plus petit ; & comme cet effet ſuit toujours de même le rapport que les diamétres ont entr'eux, on peut conclure en général que les liqueurs s'élévent dans les tubes capillaires en raiſon inverſe de leur largeur, c'eſt-à-dire, qu'elle y monte d'autant plus haut, qu'ils ſont plus étroits.

IV. EXPERIENCE.

Il faut répéter les expériences précédentes, en employant du mercure au lieu des liqueurs dont on s'eſt ſervi, ou bien verſer du mercure dans un ſiphon renverſé, dont une des branches ſoit capillaire, comme le repréſente la *Fig.* 14.

EFFETS.

Quatriéme propriété. VIII. LEÇON.

On remarquera que le mercure se tient toujours plus bas que son niveau, & que son abaissement est d'autant plus grand, que le tube est plus étroit. Dans le siphon renversé, par exemple, au lieu de s'élever en *G* dans la branche capillaire, pour être de niveau à celui de l'autre branche, il se tient en *H*, & se tiendroit encore plus bas, si ce tuyau qui le contient étoit d'un diamétre plus petit.

Jusqu'à présent on ne connoît que le mercure qui se comporte ainsi dans les tubes capillaires : il est probable que toutes les matiéres métalliques, qu'on tiendroit en fusion, feroient la même chose; j'en juge par l'étain & le plomb fondus que j'ai mis à l'épreuve.

EXPLICATIONS.

Tous ces faits, comme l'on voit, paroissent contraires aux régles ordinaires de l'hydrostatique, par lesquelles nous avons vû qu'une liqueur se met toujours en équilibre avec elle-même, soit dans un seul & même vaisseau, soit dans plusieurs qui com-

VIII. LEÇON.

muniquent enſemble; que ſi elle obéit à une force qui l'éléve au-deſſus de ſon niveau, elle lui céde proportionnellement à ſa denſité, &c. Ce que l'on voit de différent dans les tubes capillaires, n'eſt connu que depuis un ſiécle tout au plus; cette découverte s'eſt faite dans un tems où l'on penſoit déja que tout ce qui ſe préſente à expliquer en Phyſique, ne peut l'être que par des cauſes méchaniques, & qui ſe préſentent à l'eſprit d'une maniére intelligible; les Phyſiciens les plus habiles ont travaillé en conſéquence; mais le ſuccès a-t-il répondu à leur zéle?

On peut ranger en trois claſſes les différentes opinions qui ont été propoſées ſur cette matiére.

La premiére comprend celles qui attribuent ces phénoménes à la preſſion inégale du fluide environnant, en ſuppoſant qu'il exerce ſon poids plus librement, & d'une maniére plus complette, ſur la ſurface du vaiſſeau *AB*, que par l'orifice ſupérieur du tuyau plongé. *Fig.* 12.

Ce fluide environnant, ſelon quelques-uns, eſt l'air dont les parties rameuſes

râmeuſes s'embarraſſent, & ſe meuvent difficilement dans un canal étroit tandis qu'il agit ſans obſtacle ſur la ſurface du gobelet. Cette penſée eſt tout-à-fait naturelle & ſimple ; mais une ſeule expérience la rend preſque inſoutenable : tout ce que les tuyaux capillaires font en plein air, ils le font de même ſous le récipient d'une machine pneumatique où l'on a fait le vuide.

VIII. LEÇON.

Que reſte-t-il à répondre ? Dira-t-on que le vuide n'eſt jamais parfait ? & que ce qui reſte d'air, après les derniers efforts de la pompe la plus exacte, eſt encore capable de ſoutenir quelques pouces d'eau au-deſſus de ſon niveau.

On ſent aiſément que la réponſe ne ſatisfait pas à l'objection. Cependant elle n'eſt point abſolument ſans force : tout l'air du récipient ſe raréfie également, ſi la preſſion ſur la ſurface du gobelet diminue, la réſiſtance dans le tuyau décroît auſſi par proportion ; & les cauſes de l'inégalité d'action ſubſiſtent. Mais une ſeconde expérience fait voir qu'on ne peut guère ſoutenir cette inégalité de

VIII. LEÇON.

preſſion, qui ſuppoſe que l'air n'agit pas librement dans le tuyau. Si cela étoit, il faudroit que la liqueur s'élevât proportionnellement à la longueur du tube; car il eſt certain que ſi l'air y trouvoit de l'embarras, il en éprouveroit davantage dans un plus long que dans un plus court : cependant cela n'arrive point; c'eſt le diamétre du tube qui régle le dégré d'élévation; & quand l'eau eſt arrivée au point où elle doit monter, elle ne baiſſe point, quoiqu'on retranche de la partie du tuyau qui eſt au-deſſus d'elle.

Ces raiſons ayant fait abandonner l'air groſſier, on s'en eſt pris à un autre fluide plus ſubtil, & tel qu'il ſubſiſte dans les vaiſſeaux où l'on fait le vuide de Boyle. On lui ſuppoſe des parties globuleuſes, & l'on démontre qu'une colonne d'un tel fluide ne remplit jamais bien exactement un tube, & qu'une preſſion dépendante de cette plénitude, doit diminuer à proportion que le tube eſt plus étroit; de-là vient, dit-on, le défaut d'équilibre entre la preſſion qui ſe fait ſur la liqueur dans le tuyau, & celle qui

s'exerce ſur la ſurface du vaſe où l'on plonge le tuyau.

VIII. Leçon.

Cette hypothèſe eſt ingénieuſe ; elle fait agir un fluide dont on ne peut guère conteſter l'exiſtence ; mais elle lui accorde des fonctions qu'on ne peut admettre ſans peine. Un milieu dont les parties ſont plus ſubtiles que celles de l'air commun, & qui le ſont aſſez pour pénétrer les pores du verre, laiſſe-t-il tant de vuide dans le tube, & s'applique-t-il ſi mal aux parois du verre, que ſa preſſion différe ſenſiblement de celle qu'il exerce en-dehors ſur la ſuperficie du réſervoir ? D'ailleurs, pourquoi la preſſion plus libre & plus entiére ſur la ſurface du vaſe, n'éléve-t-elle pas les liqueurs à des hauteurs qui ſoient proportionnelles à leurs denſités ? Et enfin, pour citer encore l'expérience, il paroît que l'effet dont il s'agit, ne dépend point d'une preſſion qui ſoit plus ou moins libre, ſelon la largeur de la baſe ; car au lieu de plonger le tube dans un vaſe, ſi l'on fait couler une goutte de liqueur en-dehors, & ſelon ſa longueur, dès qu'elle eſt parvenue à l'orifice inférieur, elle re-

monte dans le tube comme en tout autre cas.

VIII. LEÇON.

Voilà pourtant ce que l'on a dit de plus vraisemblable pour expliquer l'ascension des liqueurs dans les tubes capillaires, par la pression inégale d'un fluide environnant. Voyons si les opinions de la seconde classe sont plus heureuses.

Celles-ci, quoique partagées par différentes vûes, se réunissent en un point : elles prétendent, que, lorsqu'on a plongé le bout d'un tube capillaire, la petite colonne de liqueur qu'il renferme, perd son poids par une adhérence au verre, & que cessant de peser sur le fond du vase où se fait l'immersion, les colonnes extérieures au tube, & qui exercent librement leur pesanteur, en poussent une semblable sous la premiére, une autre sous la seconde, & que toutes ces parties s'accumulent en une colonne totale, dont la hauteur est proportionnelle au frottement qui augmente comme le diamétre du tuyau diminue.

On conçoit bien comment une petite colonne d'eau, une fois placée

dans un tube capillaire, y eſt ſoutenue par le frottement, ou par l'adhérence aux parois du verre ; mais je ne comprends pas de même comment l'eau du vaſe, par ſon poids, la déplace & la ſouléve, pour lui ſubſtituer une colonne ſemblable ; car cette eau environnante n'a de force qu'autant qu'il lui en faut, pour pouſſer dans le tube une colonne qui rempliſſe ſa partie plongée, ou, (ce qui eſt la même choſe,) elle ne peut porter cette colonne que juſqu'à ſon niveau ; mais comment l'y portera-t-elle, s'il faut qu'elle ſouléve en même tems une colonne ſemblable qui occupe la place ? Dira-t-on que celle-ci ne péſe point ſur le fond, parce qu'elle eſt retenue par le frottement du verre ? Cela eſt vrai, tant qu'elle eſt en repos ; mais s'il faut la faire monter, il faut vaincre ſon poids, ou, ce qui eſt équivalent, l'adhérence ou le frottement qui a vaincu ſon poids.

VIII. LEÇON.

Mais pour faire connoître combien ce ſyſtême s'accorde peu avec l'expérience, il ſuffira de dire que les tubes capillaires ont leurs effets auſſi

VIII. LEÇON.

promptement, & d'une maniére auſſi complette, quand on ne fait que toucher, le plus légérement qu'il eſt poſſible, les liqueurs, comme lorſqu'on les y plonge fort avant; ce qui dénote inconteſtablement, que la preſſion des colonnes qui entourent la partie plongée du tuyau, n'entre pour rien dans cet effet.

Auſſi voyons-nous que quelques-uns de ceux qui ont aſſigné cette cauſe, en ont ſenti eux-mêmes l'inſuffiſance. »L'eau, diſent-ils, demeure » ſuſpendue dans des tubes capillaires, par ſon adhérence naturelle au » verre; mais elle y eſt élevée par une » autre cauſe.» Quelle eſt donc cette cauſe qu'on aſſocie à l'adhérence, & qui doit nous expliquer les effets des tubes capillaires? » C'eſt, dit-on, la » même force qui fait que deux gouttes d'eau ſe joignent enſemble, lorſ» qu'on les approche de fort près. Paſſons à la troiſiéme claſſe.

Ici l'on ſuppoſe que le verre attire la liqueur: mais ſur quoi cette ſuppoſition eſt-elle fondée? Comment faut-il entendre cette attraction? & quelle régle ſuit-elle dans ſes effets?

Car si l'on n'en avoit d'autres preuves que le fait en question, & si l'on faisoit de cette cause une qualité abstraite qui ne fût asservie à aucune mesure, cela ressembleroit beaucoup aux sympathies & aux qualités occultes des Péripatéticiens, si justement & si généralement bannies de la Physique moderne, c'est-à-dire, de la Physique raisonnable. VIII. LEÇON.

Les Physiciens qui admettent l'attraction, (car il y en a un assez grand nombre qui tiennent cette opinion; & nous ne dissimulerons pas que parmi ceux qui l'ont suivie, il s'en trouve quelques-uns, dont le nom seul pourroit prévenir en faveur de ce sentiment, si l'autorité devoit être la régle de nos connoissances physiques;) ces Physiciens, dis-je, se partagent en deux classes. Les uns, conformément à l'esprit de M. Newton, regardent l'attraction comme un fait qui a lieu dans toute la nature, & qui pourroit avoir, comme tous les autres, une cause méchanique qu'il est louable de chercher, mais qu'ils désespérent, en quelque façon, de pouvoir trouver. Les autres tranchent le

VIII. LEÇON.

mot ; plus hardis en cela que leur Chef, ils prétendent que la vertu attractive eſt un principe qui vient immédiatement de la volonté du Créateur. Selon les premiers, quand deux corps s'approchent, ou ſe tiennent unis l'un à l'autre, ſans qu'on apperçoive ce qui cauſe leur réunion ou leur adhérence, c'eſt un effet dont il y a beaucoup d'exemples, & à qui l'on donne le nom particulier d'*attraction*, ſeulement pour le diſtinguer d'un grand nombre d'autres faits ſemblables en apparence, mais dont la cauſe eſt connue. Selon les derniers, tout cela ſe fait en vertu d'une force innée, d'un penchant naturel, par lequel, de lui-même, & ſans aucune impulſion étrangére, un corps ſe porte vers un autre, & agit ſur lui avant que de le toucher, ni par lui-même, ni par d'autres corps intermédiaires.

Ceux qui n'admettent les attractions que comme des faits, me paroiſſent être dans la route ordinaire. Les Cartéſiens le plus fidélement attachés aux cauſes méchaniques, s'appuient tous les jours ſur des phénoménes, dont la cauſe eſt encore

obſcure, & leur donnent tels noms qu'il leur plaît: l'*adhérence*, la *viſcoſité*, la *flexibilité*, le *reſſort* de certaines matières, ſervent ſouvent à expliquer leurs propriétés, & l'on n'en eſt pas choqué. On ne doit point l'être non plus du mot d'*attraction*, s'il n'exprime qu'un fait qu'on ſe diſpenſe d'expliquer. VIII. LEÇON.

Mais doit-on penſer de même de la vertu attractive, conſidérée comme principe de la nature? Je paſſe qu'elle ne ſoit point métaphyſiquement impoſſible, (& c'eſt une grace que tout le monde ne lui fait pas;) je ſuppoſe avec ceux qui ont le mieux défendu cette cauſe, que le Créateur en établiſſant l'impulſion, comme la cauſe la plus ordinaire des mouvemens des corps, ait été libre d'établir auſſi l'attraction, & que ces deux principes ne ſoient point incompatibles; qu'en peut-on conclure, ſinon que Dieu a été le maître d'employer deux moyens au lieu d'un? Mais de ce qu'une choſe pourroit être, s'enſuit-il qu'elle eſt en effet? Si certains mouvemens n'ont point encore été bien expliqués par les loix de l'im-

VIII. LEÇON.

pulsion, sont-ils démontrés inexplicables, & faudroit-il moins qu'une telle démonstration, pour autoriser l'introduction d'un nouveau principe? sur-tout quand on sçait que la nature affecte autant de simplicité dans les causes, que de fécondité dans les effets; que l'esprit humain borné dans ses connoissances, ne peut jamais se flatter d'avoir apperçu tout ce qu'il y a à voir, & qu'il n'a jamais été moins éclairé sur les effets naturels, que quand il s'est permis des explications arbitraires. Je trouve fort sage & fort judicieuse cette pensée d'un Sçavant *, qui avoit eu pendant sa vie bien des occasions de sçavoir tout ce qu'on peut dire de favorable pour le système des attractions, & en même tems tout ce qu'on peut reprocher à l'emploi qu'on a fait des impulsions : « Il ne faut pas nous flatter, » dit-il, que dans nos recherches de » Physique nous puissions jamais nous » mettre au-dessus de toutes les difficultés; mais ne laissons pas de philosopher toujours sur des principes » clairs de méchanique : si nous les » abandonnons, toute la lumiére que

* M. Sauvin, Mém. de l'Académ. 1709. pag. 311.

» nous pouvons avoir eſt éteinte; &
» nous voilà replongés de nouveau
» dans les anciennes ténébres du Pé-
» ripatétiſme, dont le Ciel nous
» veuille préſerver. »

VIII. LEÇON.

M. Newton voyant dans les corps qui nous environnent, quantité d'attractions, c'eſt-à-dire, des effets qu'on peut nommer ainſi, ſoupçonna qu'il y en avoit par-tout ; & s'arrêtant moins à expliquer ces effets qu'à les meſurer, il ſuppoſa que toutes les parties de la matiére ſe portoient réciproquement les unes vers les autres, & que deux corps par conſéquent s'attiroient en raiſon directe de leurs maſſes ; que ſi l'un des deux, par exemple, contient une fois plus de parties, ſon attraction eſt double de celle de l'autre. Il lui parut encore que cette tendance réciproque des corps ne devoit pas être également forte de loin comme de près ; & quelques raiſons le déterminerent à croire, que cette action, ſemblable à toutes celles qui s'étendent en forme de ſphère, pourroit bien être en raiſon inverſe du quarré de la diſtance, c'eſt-à-dire, qu'à deux dégrés d'éloigne-

VIII. LEÇON.

ment les corps s'attireroient 4 fois moins, à trois dégrés neuf fois moins à quatre dégrés seize fois moins, &c.

Jusqu'ici ce n'est que soupçon ; & que pouvoit-ce être autre chose, selon l'idée même que M. Newton s'étoit faite de l'attraction ? Cette force, selon lui, est proportionnelle à la masse des corps ; tout ce qui est en notre disposition est si petit en comparaison du globe sur lequel nous sommes, que l'attraction de celui-ci rend insensibles toutes les autres petites attractions particuliéres ; comme la lumiére du soleil empêche qu'on apperçoive celle d'une bougie. Il falloit donc transporter cette hypothèse à des corps isolés, & assez éloignés les uns des autres, pour voir, si l'on pouvoit supposer qu'ils s'attiraſſent, & si leur attraction se faisoit suivant les loix qu'on avoit imaginées ; car, encore une fois, ces loix ne pouvoient se vérifier dans les petites attractions, & si l'on pouvoit en douter, l'attraction en général étoit une hypothèse mal étayée. Le Philosophe Anglois sentant mieux qu'un autre combien l'expérience a d'autorité dans les ques-

tions de Phyſique, & ne pouvant pas la faire parler, au moins d'une maniére aſſez déciſive, ſur la ſurface de la terre, chercha des preuves dans un champ plus vaſte, & qui lui étoit aſſez connu. Il compara le mouvement des aſtres aux conſéquences de ſon principe, & il y trouva tant de conformité, qu'on eſt tenté de croire que ce grand homme a deviné le ſecret de la nature. VIII. LEÇON.

Quelque avantage que puiſſe avoir l'hypothèſe Newtonienne ſur toutes celles qui l'ont précédé; quoiqu'elle explique d'une maniére plus complette les mouvemens des aſtres, & qu'elle s'étende juſqu'à rendre raiſon de leurs irrégularités apparentes, le fond de la choſe reſte toujours à juger. Les raiſonnemens de M. Newton, (je l'avoue,) ménent à croire que les planétes ont une tendance réciproque les unes vers les autres; que cette force agit ſelon les loix qu'il lui attribue: mais tout cela peut être primitivement l'effet de quelque impulſion phyſique, & M. Newton n'a oſé prétendre le contraire. De quel droit ſes Diſciples voudroient-ils donc con-

VIII. LEÇON.

vertir l'attraction de fait, en vertu inhérente, en attribut primitif, en nouveau principe? Eſt-ce qu'en revenant ſur les faits qui ont porté le Maître à ſoupçonner l'attraction générale, ils y auroient vû autre choſe que lui. Auroient-ils apperçu dans la choſe même, l'impoſſibilité d'une explication méchanique? ou bien prendroient-ils pour des preuves de l'attraction, toutes les applications infructueuſes que l'on a faites juſqu'ici de l'impulſion, à certains phénoménes difficiles à expliquer? Les deux premiéres raiſons n'ont encore été alléguées par perſonne; & ceux qui ont hazardé la troiſiéme, ont manqué de Logique: car ce n'eſt pas raiſonner en régle, que de dire: *Ceci n'eſt point expliqué par les loix de l'impulſion, donc c'eſt un effet de la vertu attractive*: il faudroit préalablement faire deux choſes, 1°. prouver que ces deux principes ſubſiſtent; 2°. que le premier ne peut point avoir lieu dans le fait en queſtion.

Ces ſortes de phénoménes après tout, qui, ſuivant les nouveaux Newtoniens, indiquent l'attraction, ſont-

ils donc, comme ils le prétendent, auſſi fréquens que ceux qui prouvent l'impulſion? & tiennent-ils à la nature par autant d'endroits ſpécialement différens, qu'on pourroit ſe l'imaginer ? VIII. LEÇON.

Quand on y regarde de près, on voit que tout ce qu'on a tant de peine à expliquer par la preſſion des fluides environnans, ou par toute autre cauſe méchanique, à quelques exceptions près, ſe peut aiſément rapporter aux tubes capillaires; telle eſt l'aſcenſion des liqueurs dans les corps ſpongieux, telles ſont même les diſſolutions, efferveſcences, & autres opérations chymiques, où il ſe fait une pénétration réciproque d'une matiére dans les pores d'une autre: que ſçais-je même, ſi l'on ne pourroit point encore rappeller ici cette union ſpontanée de deux gouttes d'eau qui ſe confondent en une, avant qu'une cauſe externe & connue occaſionne le contact ? car tous les corps, & ſur-tout les fluides, s'exhalent en vapeurs; ils ſont environnés d'une petite atmoſphère plus rare, plus poreuſe que la maſſe, & deux gouttes d'eau, par conſéquent, ſe touchent

avant que nous nous en appercevions.

VIII. LEÇON.

L'Ecole d'Ariſtote croyoit à l'horreur du vuide, parce qu'il lui ſembloit en voir des marques dans toute la nature ; l'adhérence des corps polis, la difficulté d'écarter les panneaux d'un ſoufflet bouché de toutes parts, l'aſcenſion de l'eau dans les pompes aſpirantes, la réſiſtance du piſton d'une ſeringue dont le bout eſt fermé, &c. dès que le poids de l'air fut connu, tous ces phénoménes que l'on avoit regardés juſques-là ſéparément comme des preuves du principe *obſcur*, ſe ramenerent tous facilement à la vraie cauſe. Cet événement eſt une leçon pour ceux qui croient voir partout des marques de la vertu attractive. Si toutes ces preuves prétendues, qui ſemblent dire la même choſe en tant de maniéres différentes, ſont cependant réductibles au même genre ; ſi tout ce que les partiſans des attractions ont de plus fort à citer, n'eſt que le phénoméne des tuyaux capillaires préſenté ſous différentes formes, il y a ſans doute un cercle vicieux dans leur raiſonnement : car ſi l'on ſe ſert de la vertu attractive

attractive pour expliquer les tubes capillaires, & que l'on appelle ces mêmes tubes en preuves de l'attraction ; de deux choſes l'une, ou l'on manque à prouver, ou l'explication porte à faux : c'eſt comme l'on dit, ſuppoſer ce qui eſt en queſtion. Quel eſt l'homme ſenſé qui n'ayant nulle connoiſſance du vent & de ſa force, voudroit croire de prime abord, que c'eſt l'impulſion de l'air qui fait tourner tous les moulins à vent, qui tranſporte les vaiſſeaux d'un côté à l'autre de l'Océan, & qui opère tous les mouvemens de cette eſpéce? ſur-tout s'il avoit vû toute ſa vie des moulins à bras, & des bateaux traînés avec des cordes.

VIII. LEÇON.

Mais ſuppoſons pour un moment que la vertu attractive eſt prouvée d'ailleurs, & voyons ce qu'elle vaudra entre les mains des plus habiles Newtoniens, pour expliquer l'effet des tubes capillaires.

« Le verre, dit-on, attire l'eau, plus »que l'eau ne s'attire elle-même : dès »que l'orifice du tube vient à la tou»cher, elle s'éléve juſqu'à ce que ſon »poids faſſe équilibre à la vertu at-

» tractive qui réſide dans la ſurface
» intérieure du tuyau.

VIII. LEÇON.

» L'eau s'éléve plus haut dans les
» petits tubes que dans les gros; parce
» que leur ſurface eſt plus grande re-
» lativement à la ſolidité de la co-
» lonne d'eau, & les parties du mi-
» lieu ſont moins éloignées du verre
» qui les attire.

» Le mercure ſe tient plus bas que
» le niveau dans ces ſortes de tubes,
» parce qu'étant plus denſe que le
» verre il s'attire plus lui-même que
» le tuyau ne peut l'attirer. »

A la premiére vûe l'attraction figure aſſez bien ici; mais examinons la choſe de plus près, & ſuivons les conſéquences du principe qui ſert de fondement à ces explications. Tous les corps pénétrables à l'eau, & qu'on doit regarder à cet égard comme des tubes capillaires, n'admettent-ils dans leurs pores, & n'élévent-ils au-deſſus du niveau que les fluides moins denſes qu'eux-mêmes? La hauteur de la colonne élevée dans le tube, eſt-elle toujours réglée par l'excès d'attraction du verre, & par la peſanteur ſpécifique de la liqueur? Ne

voit-on pas des liqueurs plus pesantes s'élever dans le même tube, plus haut que d'autres qui sont cependant plus légéres ? On sçait que l'expérience répond à ces questions, d'une maniére peu favorable à l'explication qu'on vient de voir. Mais laissons parler un des plus ingénieux * partisans de l'attraction ; voici son objection, à laquelle il est difficile de répondre. VIII. LEÇON.

* M. Jurin Transf. Ph. v. 255. art. 2. & n. 363. art. 2.

»C'est un fait constant que les liqueurs s'élévent dans les tubes capillaires en raison inverse de leur diamétre : ainsi la colonne élevée au-dessus du niveau, étant d'un pouce de hauteur dans un tube d'une demi-ligne de largeur, dans un tube une fois plus gros elle aura 6 lignes. Mais cette derniére colonne, quoique plus courte, comprend plus d'eau, comme l'on sçait, que la premiére, cependant la surface du verre qui touche la plus menue, est plus grande que celle qui contient l'autre colonne, eu égard à la quantité

[a] Les Dissertations de M. Jurin se trouvent à la fin des Leçons de Physique expérimentale de M. Côtes, traduites en François par M. le Monnier. A Paris, 1740.

VIII. LEÇON.

» d'eau. La force attractive n'eſt donc » pas proportionnelle à la ſurface intérieure du tuyau ; ou bien, (ce qu'on » ne peut admettre,) la même cauſe » n'auroit point un effet conſtant. »

M. Jurin après avoir fait connoître par cette difficulté, & par des expériences déciſives, l'inſuffiſance de l'explication précédente, lui en ſubſtitue une autre. Il prétend que l'attraction du tuyau n'agit que par la partie annulaire de la ſurface intérieure, où ſe termine la colonne de liqueur. Il établit ſon opinion ſur des expériences fort ingénieuſes, & dont les apparences ſont ſéduiſantes.

Il plonge le tube *AB*, *Fig.* 15. formé de deux parties *AC*, *CB*, dont les diamétres ſont fort différens. Quoiqu'un tuyau de la groſſeur de *CB*, ne pût élever la liqueur qu'au point *E*, ſi cependant on l'emplit juſqu'en *D*, l'eau y demeure ſuſpendue, pourvû que cette portion de tuyau ſoit d'un tel diamétre, qu'un tube de ſa groſſeur dût élever l'eau de la hauteur *B D*.

Et ſi l'on renverſe ce tuyau comme *FG*, l'eau ne s'éléve & ne demeure ſuſpendue qu'au point *F*, hauteur à

laquelle elle s'éléveroit par un tube qui ſeroit, dans toute ſa longueur, d'un diametre égal à la partie *F*. VIII. LEÇON.

Il paroît donc par ces expériences, comme l'a remarqué M. Jurin, que ſi la hauteur des colonnes d'eau ſoutenues dépendoit de l'attraction de toute la ſurface intérieure, la liqueur ne devroit pas ſe ſoutenir plus haut que le point *E* dans la premiére; & dans la ſeconde elle excéderoit la hauteur *F*, puiſque la plus longue partie du tuyau qui la contient, eſt, par ſuppoſition, d'un diamétre propre à la faire monter d'une quantité égale à *B D*. Cette élévation, ou ſuſpenſion de liqueur, dépend donc plutôt de la partie annulaire du verre où ſe termine la colonne; puiſque la hauteur de l'eau change avec le diamétre de cet anneau.

Le ſçavant & judicieux Auteur de ces expériences, agiſſant moins par prévention pour le ſyſtême des attractions qu'il n'abandonne point, que par amour pour la vérité qu'il prefère à tout, ne diſſimule rien de ce qui peut infirmer ſon opinion; ſa premiére expérience peut être faite

VIII. LEÇON.

de façon qu'elle prouve trop, & qu'elle devient elle-même un nouveau phénoméne qui mérite d'être expliqué.

Au lieu du tube *A B*, *Fig.* 15. il emploie un entonnoir qui peut avoir un pouce & plus de largeur, & qui finit en tube capillaire, comme on le peut voir par la *Fig.* 16. Si cet entonnoir ainſi renverſé, n'excéde point la hauteur à laquelle pourroit s'élever l'eau dans un tube gros comme la partie *H*, il pourra reſter tout plein, comme *D B* de la précédente expérience. Si l'attraction annullaire ſoutient la colonne *H I*, comment la grande quantité d'eau, qui l'environne, ſe ſoutient-elle ?

On n'a pas manqué de répondre que cette maſſe d'eau étoit ſoutenue par l'attraction de la partie voûtée c'eſt-à-dire, que chaque point du verre, *K*, *L*, &c, attiroit la colonne qui lui étoit ſoumiſe ; mais une nouvelle expérience détruit encore cette réponſe.

Quand on donne à l'entonnoir la forme qu'il a dans la *Fig.* 17. qu'on ne le remplit qu'en partie, mais

plus cependant qu'il ne pourroit l'être, si l'eau ne s'y élevoit qu'en vertu de la propriété du tube capillaire ; si l'on touche l'orifice supérieur avec le doigt mouillé, de sorte qu'il y entre une goutte d'eau, la colonne reste suspendue, comme s'il étoit entiérement plein : ce n'est plus alors la partie convexe du verre qui l'attire. VIII. Leçon.

C'est ainsi que M. Jurin combat les explications où la vertu attractive est infructueusement employée ; mais ce principe qu'il ne croit pas devoir encore abandonner, lui fournira-t-il le véritable dénouement? C'est toujours travailler utilement que de détruire les mauvaises raisons; ce sont des obstacles de moins sur les routes de la vérité. Ne perdons point de vûe cette matiére, entre les mains d'un Sçavant, qui paroît l'avoir traitée avec plus d'intelligence & de sagacité qu'aucun autre avant lui.

M. Jurin convenant avec raison, qu'on ne peut pas attribuer vraisemblablement la suspension de toute la masse d'eau dans l'entonnoir, à l'adhérence qu'elle a avec la petite

VIII. LEÇON.

colonne du milieu, qui eſt immédiatement attirée par la partie capillaire *H*; & voyant par des expériences répétées dans le vuide, que le poids de l'air groſſier n'a point de part à ces effets; M. Jurin, dis-je, avec les meilleures intentions du monde pour la vertu attractive, & toute l'habileté d'un Phyſicien accoutumé depuis long-tems aux expériences, eſt obligé d'avoir recours à la preſſion d'un *milieu aſſez ſubtil, pour pénétrer le récipient*, & qui agiſſant plus librement ſur la ſurface du vaſe, que ſur la liqueur du tuyau qui y eſt plongé, peut être la cauſe de cette ſuſpenſion au-deſſus du niveau. C'eſt bien avouer l'inſuffiſance de l'attraction, pour expliquer les propriétés des tubes capillaires; mais il ſeroit à ſouhaiter qu'on s'étendît davantage pour faire connoître comment ce milieu ſubtil que l'on admet, comprime plus librement l'eau du vaſe, que celle qui eſt contenue dans le tuyau.

M. Clairaut dans un ſçavant Ouvrage* qu'il a depuis quelque tems donné

* Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'Hydroſtatique,

au

du public, il y a environ 12 ans; fait une application fort heureuse des principes qu'il a établis précédemment, aux phénoménes des tuyaux capillaires. Il trouve que M. Jurin n'emploie pas, dans l'examen de cette question, assez de principes, pour en tirer une explication complette, & au lieu de s'arrêter comme lui à la seule attraction du petit anneau de verre qui termine la colonne de liqueur, il examine le fait selon les loix générales de l'Hydrostatique, & il calcule ensuite combien l'attraction peut altérer le niveau, lorsque le tube est capillaire. Son résultat se trouve parfaitement d'accord avec l'expérience; mais ce qu'il y a de singulier, c'est que, selon la théorie de M. Clairaut, bien loin que l'effet vienne de l'attraction de la partie supérieure du tube, à laquelle il semble qu'on doive l'attribuer selon les expériences de M. Jurin, c'est au contraire la partie inférieure qui agit; celle d'en haut n'y a nulle part; son attraction étant contrebalancée par ne pareille attraction, dans la partie moyenne du tuyau. VIII. LEÇON.

De tout ceci il résulte que ces phé-

VIII. Leçon.

nomènes, ou ne sont point encore bien expliqués, ou que les explications qu'on donne, tiennent à des hypothèses qui ne sont pas généralement reçues. Peut-être cela vient-il de ce qu'on s'est obstiné à ne leur donner qu'une seule & unique cause : combien y a-t-il d'effets naturels qui en ont plusieurs, & qu'on ne peut connoître par toutes les faces, qu'en les examinant sous différens points de vue ? La pression inégale de quelque fluide est probablement le point fondamental de l'explication ; mais l'adhérence ou la viscosité naturelle des liqueurs, la grandeur & la figure de leurs parties, & peut-être un certain mouvement qui leur est propre, &c. sont autant de moyens que la nature peut employer pour des sortes d'effets, & autant d'objets que nous devons considérer dans nos recherches. Voyez sur cette matière un ouvrage imprimé en 1754. chez Cavelier, & intitulé *Experiences Physico-Méchaniques sur différents sujets*, &c.

APPLICATIONS.

Quoique nous ne voyons pas bien

clairement quelle eſt la cauſe immédiate de l'élévation & de la ſuſpenſion des liqueurs dans les tuyaux capillaires, ces phénoménes bien conſtatés ne laiſſent pas d'être intéreſſans, parce qu'ils paroiſſent avoir beaucoup de part aux opérations de la nature, & que ce que nous en ſçavons, peut nous conduire à beaucoup d'autres découvertes. Souvent un fait qu'on ne peut expliquer qu'imparfaitement, devient lui-même une explication claire & diſtincte de pluſieurs autres. Nous ne ſçavons pas bien quelle eſt la vraie cauſe de la peſanteur des corps; cependant par la connoiſſance que nous avons de ſes loix, nous ſommes en état de rendre raiſon d'une infinité de choſes, qui ſans cela ſeroient enſevelies dans une profonde obſcurité. De même quand je ſçais que les liqueurs s'élévent, malgré leur gravité, dans des canaux étroits, de quelque matiére & de quelque figure qu'ils puiſſent être, je ne ſuis plus ſurpris de trouver humides juſqu'en haut, un monceau de ſable, une pierre tendre, une buche placée debout, &c. quoique

VIII. LEÇON.

VIII. LEÇON.

ces corps ne soient qu'en partie plongés dans l'eau. Car, comme ils sont poreux, l'eau y trouve des petits canaux, par lesquels elle monte, comme elle feroit dans de petits tuyaux de verre; & encore mieux, parce que la liqueur oppose toute sa pesanteur à la cause qui l'éléve; au lieu que dans les passages tortueux, que lui offre l'intérieur d'un corps solide, elle trouve des repos d'où il peut se faire qu'elle parte à plusieurs repriſes, & peut-être avec de nouvelles forces.

Mais ce que nous voyons arriver en petit, ne pourroit-il pas se faire en grand? Le monceau de sable mouillé jusqu'au sommet, n'expliqueroit-il pas l'origine de certaines sources qui ne tarissent jamais, qui fournissent toujours une égale quantité d'eau, & qui ne paroissent redevables ni aux saisons, ni aux vapeurs, ni aux autres influences de l'atmosphère, & qui se trouvent dans la proximité de la mer? C'est une pensée assez plausible, & qui a été adoptée par plusieurs Auteurs *; cependant elle

* Plot. *Tentamen philosophicum de origine fontium.* Derham, *Theologie physique* p. 70.

perd une partie de ſa vraiſemblance, ſi l'on fait attention qu'un tube capillaire ne produit jamais d'écoulement par ſa partie ſupérieure, & que le ſable quoique mouillé beaucoup au-deſſus du niveau de l'eau, ne l'eſt preſque qu'intérieurement, ou s'il l'eſt en-dehors, cela ne fait point ſource.

La buche qui ſe mouille juſques dans le partie qui n'eſt point plongée, peut faire naître quelques idées ſur le myſtère de la végétation ; on ſçait que ce qui fait croître les plantes, c'eſt la ſéve qui paſſe des racines à la tige, & de la tige aux branches ; mais quelle eſt la puiſſance qui éléve ainſi cette liqueur nourriciére, c'eſt ce qu'on ignore encore: en attendant qu'on le ſçache, ne pourroit-on pas regarder les routes qu'elle tient, comme autant de petits canaux capillaires, ou comme une continuité de corps ſpongieux, par leſquels elle ſe porte de bas en-haut, & plus ou moins abondamment, ſelon l'état actuel des ſujets qui la reçoivent.

Mais ce qu'il y a en cela de plus merveilleux, c'eſt que chaque ſorte

VIII. LEÇON.

de plantes paroît avoir sa séve particuliére; car on sçait que la terre s'épuise à force de nourrir la même espéce, & qu'on la soulage, pour ainsi dire, en variant la semence sur le même fond. Comment donc dans un jardin, chaque arbre reçoit-il la nourriture qui lui est propre? Comment le pommier ne prend-il pas ce qui convient à la vigne, le myrte ce qui doit appartenir au jasmin ou au chevrefeuille?

On ne peut répondre maintenant à ces questions que très-imparfaitement, parce que nous sommes encore bien peu instruits de ce qui se passe à cet égard. Mais s'il est vrai que les canaux qui portent la séve, fassent l'office de tuyaux capillaires, il s'offre un exemple de ce genre qui pourroit être regardé comme une imitation grossiére de la nature, quant à l'objet présent. Si l'on met dans un même vase deux liqueurs fort différentes l'une de l'autre, comme de l'huile & du vin, qu'on y plonge deux bouts de lisiére de drap, dont l'une ait été imbibée de vin & l'autre d'huile, l'une & l'autre agira comme

une éponge, mais la premiére n'enlévera que du vin, & la derniere de l'huile ſeulement. Tous les corps de ce genre ſont propres à élever les liqueurs; mais ils ſe chargent de l'une plutôt que de l'autre, ſuivant l'analogie qu'elle a avec eux. Cette analogie conſiſte ſans doute dans la figure, la grandeur, la diſpoſition des parties, &c. chaque eſpéce de plante fait peut-être quelque choſe de ſemblable, & par les mêmes raiſons. VIII. Leçon.

Il eſt vrai, je l'avoue, que l'aſcenſion des liqueurs dans un petit tuyau de verre, à quelques pouces de hauteur, comparée à l'élévation de la ſéve dans un chêne, ou dans un ſapin, laiſſe appercevoir une différence qui effraie, & qui porte à croire que ces deux effets n'ont point une ſeule & unique cauſe. Auſſi n'indiquai-je point cette comparaiſon comme une explication complette; les canaux de la ſéve ne ſont pas de ſimples tuyaux; ils ſont organiſés; & par cette raiſon leur fonction de tubes capillaires peut avoir des effets, auſquels elle ſeroit incapable de s'étendre ſans cela. Une buche ou un arbre mort ſur pied, ne

VIII. Leçon.

végéte plus ; ce n'eſt pas que les canaux de la ſéve y manquent, mais l'organiſation eſt détruite.

En examinaat, dans la ſixiéme Leçon, comment les vapeurs & les exhalaiſons s'élévent, & ſe ſoutiennent dans l'atmoſphère, j'ai ſuppoſé que cette maſſe d'air qui couvre la ſurface de notre globe, eſt une grande éponge qui reçoit dans ſes pores toutes les parties exhalées des matiéres appartenantes à la terre ; voici ce qui peut rendre cette opinion probable.

1°. L'air eſt compreſſible ; c'eſt un fait qui n'eſt point douteux. Quelque figure qu'on accorde à ſes parties, il faut toujours convenir qu'elles ne ſont pas auſſi ſerrées les unes auprès des autres qu'elles pourroient l'être, & qu'il y a de petits intervalles qui ſe ſuivent, qui ſe touchent, & qui doivent former de petits canaux tortueux, plus ou moins capillaires dans un tems que dans un autre, ſelon la denſité actuelle de l'air, & qui peuvent ſe remplir de toute antre matiére.

2°. Les vapeurs & les exhalaiſons, quand elles ſont détachées des maſ-

ſes dont elles faiſoient partie, ſont dans l'état de fluidité; & par cette raiſon elles ſont ſuſceptibles, comme les liqueurs, de tous les effets qui ſont propres aux tuyaux capillaires.

3°. Comme les liqueurs s'élévent plus ou moins haut, ſelon l'état actuel des tubes capillaires c'eſt-à-dire, ſelon la grandeur de leur diamétre, & l'analogie de leur propre matiére avec celles qu'ils élévent; on peut auſſi regarder comme une choſe indubitable, que les vapeurs montent plus ou moins, ſelon la diſpoſition de l'atmoſphère.

Il ſe préſente ici une difficulté conſidérable. On ſçait, par la troiſiéme expérience, *Fig.* 14. que la liqueur s'eléve d'autant plus dans le tube capillaire, que ce tube eſt plus étroit. Les pores de l'air ſont plus ſerrés en hyver qu'en été; il s'enſuivroit donc, ſelon mon hypothèſe, que les vapeurs doivent s'élever plus haut en hyver qu'en été, ce qui n'eſt pas vraiſemblable.

Pour plus haut, je ne le crois pas non plus: mais je paſſerois volontiers qu'elles s'élévent à-peu-près à

la même hauteur en toutes saisons ;
VIIIe Leçon. car quelles preuves avons-nous du contraire ? & le baromètre étant ordinairement un peu plus haut l'hyver que l'été, il faut bien que quelque chose entretienne, & même augmente le poids de l'atmosphère ; la densité de l'air augmentée dans les saisons froides, compenseroit-elle seule la diminution des vapeurs ? Quand on voudroit le conclure, on ne le pourroit pas, en faisant attention que les évaporations sont fort abondantes, même pendant la gelée ; si ce qui s'évapore alors est logé à l'étroit dans l'air, il doit donc chercher place plus haut. D'ailleurs c'est une supposition assez généralement reçue, que la température de l'atmosphère ne varie pas à beaucoup près, autant dans la moyenne région où s'élèvent les vapeurs, qu'ici-bas à la surface de la terre ; la porosité de l'air y est donc à peu-près la même en tout tems. Or l'expérience de M. Jurin, *Fig.* 15. nous apprend que l'élevation des liqueurs dans les tubes ne dépend pas de la largeur qu'ils ont dans leur longueur, mais de celle où

se termine la colonne, ainsi quelques changemens qui arrivent ici-bas à la densité de l'air, si la moyenne région ne change pas beaucoup, comme on peut le supposer avec tous les Physiciens, la conséquence qui suit de mon hypothèse, n'est point une objection qui doive la faire rejetter. VIII. Leçon.

4°. Comme un tube capillaire qui soutient une colonne de liqueur, ou comme une éponge pleine d'eau n'en puise point davantage, de même aussi l'air trop chargé n'enléve plus de vapeurs; les eaux, & en général tous les corps s'évaporent beaucoup moins par un tems humide & calme; que lorsqu'il fait un vent sec. Dans le premier cas, l'air est une éponge chargée; dans le second, c'est une éponge vuide, & qui se renouvelle continuellement sur les mêmes surfaces.

5°. Tous les Physiciens conviennent que ce qui fait tomber les vapeurs en forme de pluie, c'est quelque dégré de froid qui condense la partie de l'atmosphère où elles regnent, & qui rapprochant les parti-

VIII. LEÇON.

cules d'eau, les unit en gouttes trop pesantes, pour être soutenues par un pareil volume d'air; cette explication qui est très-naturelle, ne détruit point du tout l'idée que je me fais de l'atmosphère: l'air qui se condense est une éponge que l'on presse; & j'attribue cette compression, non-seulement au refroidissement, qui peut être la cause la plus ordinaire, mais aussi aux vents qui resserrent les nuages, c'est-à-dire, la partie de l'air la plus chargée d'eau; & en effet la pluie, (sur-tout celle d'orage) tombe souvent par secousses, tout-à-fait semblables à l'expression d'un corps spongieux rempli d'eau.

6°. Il y a certaines pluies qui viennent tout-à-coup, par un tems calme & chaud, de maniére qu'on a peine à les concilier avec les causes dont nous venons de parler; il me paroît qu'elles s'expliquent assez bien dans mon hypothèse. Quand un tube capillaire a élevé l'eau à deux pouces, en vertu d'un diamétre qui n'a qu'un quart de ligne, s'il devenoit plus large de moitié, par exemple, on conçoit bien que l'eau n'y demeureroit

pas à la même hauteur; une éponge qui contient des particules d'eau les laisseroit échapper, si par quelque moyen que ce pût être, on la dilatoit au-delà de son état naturel. Qu'un rayon de soleil direct, ou réfléchi, vienne à échauffer, & par conséquent à raréfier une partie de l'atmosphère chargée de vapeurs en suffisante quantité, ces petites masses abandonnées à leur propre poids, commenceront à tomber, & s'uniront en forme de pluie pendant leur chûte. Cette explication paroît même confirmée par l'expérience, car lorsqu'on commence à raréfier, avec une machine pneumatique, l'air qui est contenu dans le récipient, on ne manque pas d'y appercevoir une vapeur, qui tombe comme une pluie fine sur la platine. *

VIII. LEÇON.

En attribuant à l'atmosphère les propriétés des tubes capillaires, il semble qu'on s'interdise, touchant ces phénoménes, toute explication fondée sur la pression d'un fluide environnant, ce qui paroît être pourtant la principale source des lumiéres que nous avons à attendre sur cette

* *Mem. de l'Acad. des Scienc.* 1740. p. 243.

matiére encore obſcure : car ſi la maſſe de l'air agit comme les tuyaux capillaires, on ne peut plus ſonger à faire valoir ſa preſſion, pour rendre raiſon de cet effet.

VIII. Leçon.

Cette conſidération doit rendre circonſpect, mais elle ne doit jamais empêcher de recevoir une vérité qui ſeroit bien prouvée: en ſecond lieu, les expériences faites & répétées dans le vuide par un grand nombre de Phyſiciens, leur ont fait avouer d'un commun accord, que l'air groſſier, dont il s'agit ici, ne contribue en rien aux phénoménes en queſtion : & en abandonnant le poids de ce fluide dans la queſtion préſente, nous ne rejettons nullement un autre milieu plus ſubtil aſſez généralement avoué, & qui peut avoir ſes fonctions à part.

ARTICLE II.

Sur les cauſes de la fluidité & de la dureté des corps.

En définiſſant les fluides dans la Leçon précédente, je les ai repréſentés, comme des amas de petits corps ſolides, aſſez mobiles les uns à l'é-

gard des autres, pour se séparer au moindre choc. Beaucoup de Physiciens prétendent que ce n'est point assez d'attribuer une grande mobilité aux parties des fluides & des liqueurs ; on veut, par des raisons assez plausibles, qu'elles soient non-seulement très-disposées à se mouvoir, mais qu'elles se meuvent en effet. Les uns cependant plus retenus que les autres sur ce prétendu mouvement, n'en admettent qu'autant qu'il en faut pour expliquer certains phénomènes, dont ils croient qu'on auroit peine à rendre compte sans cette supposition : ils donnent à ce mouvement intestin des liqueurs toutes sortes de directions imaginables, & en même tems si peu d'étendue, qu'il ne va point jusqu'à déplacer sensiblement les parties. Ce sont les bornes où se contiennent la plûpart de ceux à qui les observations & les expériences sont plus familières que les systêmes. Alors cette espéce d'agitation actuelle des fluides ne diffère guère de celle que la chaleur naturelle entretient dans les solides ; & si ce mouvement est la cause immédiate de certains effets qui

VIII. Leçon

VIII. LEÇON.

ſont propres aux liqueurs, je ſuis bien tenté de croire que ce n'eſt qu'en conſéquence de la grande mobilité des parties qu'il anime. Je m'explique par un exemple. Une maſſe de terre ſe diſſout plus aiſément dans de l'eau, (fût-elle prête à gêler,) que dans la neige, qui n'auroit de froid qu'autant qu'il lui en faut pour ne pas fondre. Eſt-ce un excès de mouvement dans les parties de l'eau comme liquide, qui fait cette différence? n'eſt-ce pas plutôt trop peu de mobilité dans celles de la neige? Tant que l'eau eſt liqueur, le dégré de chaleur qu'elle a, appartient à des parties libres, & qui par cette eſpece d'indépendance réciproque, ſuivent leurs déterminations particuliéres, & pénétrent les pores du corps diſſoluble: ce n'eſt point la même choſe dans la neige, dont les molécules ſont liées ſous la forme de petits glaçons; elles ſont déterminées, comme celles de l'eau, vers les pores qui leur ſont ouverts; mais pour y entrer il faudroit qu'elles ſe partageaſſent en volumes proportionnés aux ouvertures, & ſi le mouvement qu'on leur ſuppoſe, ne

va

va pas jusqu'à causer & entretenir leur division, il ne doit pas avoir le même effet que dans l'eau; mais toute la différence, comme l'on voit, ne vient que d'un défaut de mobilité suffisante dans les parties. VIII. LEÇON.

Je croirois donc volontiers, que les liqueurs n'ont point en elles-mêmes un mouvement particulier qui les rende telles; mais qu'elles sont dans cet état seulement, parce que leurs parties sont extrêmement mobiles entr'elles. L'objet de cet article est donc de faire connoître, autant que nous le pourrons, ce qui peut entretenir cette mobilité respective; & comme être dur est l'état opposé à celui de liqueur, les causes de l'un doivent nous indiquer celles de l'autre. Voyons d'abord pourquoi certains corps sont durs, par quelles raisons d'autres le sont moins, & enfin comment il se peut faire qu'ils ne le soient pas sensiblement. Par cette division, nous embrassons tous les différens dégrés de consistance qui conviennent à la matière, *dureté*, *mollesse*, *fluidité*, *liquidité*.

Il ne s'agit point ici d'une dureté

VIII. LEÇON.

parfaite, telle qu'elle conviendroit, par exemple, aux parties insécables & élémentaires, aux atômes. Ce qui fait présentement l'objet de nos recherches, c'est cette cohérence qui constitue une masse solide, qui s'oppose à sa division, mais qui peut toujours céder à une force finie; telle est celle du bois, des pierres, des métaux, &c.

Si les corps n'étoient durs qu'à l'extérieur; si les piéces qui composent leur solidité, étoient assez grandes pour nous laisser appercevoir leurs figures, & le rapport qu'elles ont entr'elles; si rien de tout ce qui est matériel ne pouvoit échapper à nos sens, nous pourrions peut-être nous flatter de donner une explication directe des phénoménes en question. Mais les corps sont solides intérieurement comme à l'extérieur, & leurs molécules les plus subtiles ne le sont pas moins que la masse totale; ainsi la cause de cette cohérence agit sur des sujets qui échappent à nos yeux, & dans des endroits où nous ne pouvons la suivre. Ce n'est donc que par analogie & par con-

jecture, que nous en pouvons juger : cette voie n'eſt pas la plus sûre pour arriver au vrai ; mais on peut ſe la permettre lorſqu'on n'en a pas de meilleure ; & quand on en uſe avec retenue, elle peut conduire à des découvertes.

III. Proposition.

Pluſieurs corps peuvent s'attacher enſemble par la preſſion d'un fluide qui les couvre, ou qui les environne de toutes parts.

PREMIERE EXPERIENCE.

Preparation.

La piéce *A*, *fig.* 18. eſt un morceau de liége cylindrique, dont la baſe eſt garnie d'une virole, & d'une platine de cuivre mince & bien droite, de maniére que le tout enſemble peſe moins que de l'eau. *B* eſt une piéce ſemblable pour la forme, mais qui eſt entiérement de métal. On enduit les deux plans d'une légére couche d'huile d'olives ; & après les avoir appliqués exactement l'un ſur l'autre, on les place comme *a b*, au fond d'un grand vaſe que l'on remplit d'eau.

VIII. LEÇON.

EFFETS.

Quoique la piéce *a* ſoit plus légére qu'un pareil volume d'eau, & que cette légéreté reſpective la ſollicite à ſe ſéparer de la piéce *b* qui eſt retenue par l'excès de ſon poids au fond du vaiſſeau, cependant elle y demeure conſtamment attachée.

EXPLICATIONS.

Cet effet vient de ce que la colonne d'eau qui repoſe perpendiculairement deſſus, n'eſt point contrebalancée par aucune autre qui agiſſe deſſous, à cauſe de l'union étroite des deux ſurfaces. Ce qui prouve que cette raiſon eſt la véritable, c'eſt que ſi l'on enduit d'eau ces deux piéces, au lieu d'huile, pour les joindre, lorſqu'on les remet en expérience, la maſſe d'eau dont on les couvre, ne manque pas de les déſunir, parce qu'elle s'introduit entre les deux, n'y trouvant plus qu'une matiére ſemblable qui ne lui fait point obſtacle, comme une liqueur graſſe.

II. EXPERIENCE.

COROLLAIRE.

C, *D*, *Fig.* 19. ſont deux boîtes de cuivre dans leſquelles on a maſtiqué deux plaques de marbre bien dreſſées, ou deux glaces de miroir bien épaiſſes. Sur la virole de la boîte *C*, on a pratiqué quatre petits canons à égales diſtances l'un de l'autre, pour recevoir autant de petites broches de bois, que l'on fait excéder le plan de marbre, quand il en eſt beſoin.

EFFETS.

1°. Lorſqu'on a mouillé les deux marbres, & qu'on les a appliqués l'un contre l'autre, en les frottant un peu, pour rendre l'application plus exacte, & pour en chaſſer toutes les particules d'air qui pourroient y être, ces deux plaques ſe ſéparent facilement ſi l'effort ſe fait parallélement à leurs plans.

2°. Mais ſi lorſqu'ils ſont joints l'on enfonce les petites broches de bois pour empêcher qu'ils ne gliſſent, ou qu'on ne les tire perpendiculairement à

VIII. Leçon.

leurs faces, il faut employer une force très-considérable pour les séparer.

EXPLICATIONS.

Cette expérience qui est fort ancienne, étoit autrefois une des preuves sur lesquelles on appuyoit l'horreur du vuide; mais depuis qu'on a reconnu l'abus de ces mots qui ne signifioient rien, on l'a expliquée méchaniquement, par la pression de l'air qui environne les deux plans appliqués. On sçait que les fluides pésent en tout sens; cette pésanteur est une force qui doit avoir son effet, si quelque action ou puissance contraire ne la tient en équilibre; ces deux plans unis ensemble, & soumis au poids de l'atmosphère, ne doivent se porter ni d'un côté ni d'un autre, parce qu'ils sont également pressés de toutes parts. Mais chacun d'eux est poussé contre son pareil, & doit y rester attaché, parce qu'il n'y a point entre les deux plans de réaction qui s'oppose au poids de l'air extérieur. C'est par une semblable raison, que les enfans enlévent des

pierres avec une rondelle de cuir mouillé qu'ils appliquent & qu'ils tirent avec une corde. Un parapluie étendu & renverſé contre un terrein uni, fait encore une réſiſtance très-ſenſible quand on le tire brusquement ; & l'on court riſque de rompre une glace qu'on enléve perpendiculairement au plan ſur lequel elle repoſe, s'il eſt fort uni. VIII. Leçon.

Il n'y auroit rien à objecter à cette explication, ſi nos deux marbres, après avoir été joints dans l'air, ſe ſéparoient d'eux-mêmes dans le vuide, comme on le dit communément ; mais il faut avouer que quand on procéde avec exactitude, & qu'on évite tous les mouvemens étrangers qui peuvent aider la ſéparation, il arrive très-ſouvent que l'union ſubſiſte encore, après qu'on a raréfié l'air, autant qu'il eſt poſſible de le faire, avec la machine pneumatique la plus exacte. L'adhérence des deux marbres ne fait que diminuer pour l'ordinaire, elle ne ceſſe pas entiérement, & le dégré de force qui lui reſte, & que j'ai tâché de meſurer par des poids, m'a paru dépen-

VIII. LEÇON.

dre beaucoup de la nature des plans, de leurs dimensions, & des matières interposées pour les unir. Voyez la *Figure* 20.

Cet effet mérite d'autant plus d'attention, qu'il a lieu non-seulement pour les corps solides, mais aussi pour les liqueurs. M. Hughens * remarqua le premier, que l'eau demeuroit dans le vuide beaucoup plus haut que son niveau, & que ce qu'il s'en falloit ne pouvoit être attribué à la petite quantité d'air qu'une bonne pompe laisse nécessairement dans le récipient. Boyle après lui reconnut la même chose, & poussa l'expérience jusqu'à soutenir 75 pouces de mercure dans le tube de Toricelli, c'est-à-dire, 47 pouces de plus que le poids de l'atmosphère ne peut soutenir. Une circonstance qu'il est essentiel de remarquer, c'est que les liqueurs ne demeurent ainsi suspendues, que quand elles touchent immédiatement le haut du vaisseau dans lequel elles sont; car le moindre petit vuide, ou la plus petite bulle d'air qui s'y rencontre ne manque jamais d'empêcher ou de faire cesser

* *Recueil de l'Acad. des Scienc. tom. X. pag.* 529.

cet

cet effet ; de sorte qu'il ne faut point s'attendre de voir une colonne de mercure de 75 pouces, élevée au-dessus de son niveau dans un tube plus long que cette mesure. VIII. LEÇON.

M. Hughens cherchant une explication à ces sortes de phénoménes, je veux dire à l'adhérence des deux marbres, & à la suspension des liqueurs dans le vuide, suppose, qu'outre l'air grossier qui environne tous les corps, & qui agit par son poids sur leurs surfaces, il y en a encore un autre plus subtil qui passe où le premier ne peut pénétrer, & à qui les pores mêmes du verre fournissent des passages assez libres, & que c'est à la pression de ce milieu qu'il faut attribuer une infinité d'effets que nous avons continuellement sous les yeux, & qu'il est impossible d'expliquer par l'action de cet air plus connu, dont l'absence ou l'extrême raréfaction se nomme improprement le *vuide*.

Quant à l'existence d'un tel fluide, il y a bien peu de Physiciens qui ne l'admettent ; & dans le petit nombre de ceux qui s'obstinent à la nier, on doit être surpris, quand il s'en ren-

VIII. LEÇON.

contre quelques-uns, à qui l'on ne peut conteſter le génie d'obſervation & l'habitude des expériences ; car alors on ne peut pas ſuppoſer qu'ils ignorent les faits qu'on peut citer en faveur de cette prétention. Celui de tous les Philoſophes modernes aux opinions duquel il ſemble que le vuide convient le mieux, M. Newton, n'a point refuſé de reconnoître *un milieu beaucoup plus ſubil que l'air, lequel milieu*, dit-il, *reſte dans le vuide, après qu'on en a pompé l'air.* On voit par l'uſage qu'il en fait, par l'étendue qu'il lui donne, par les fonctions qu'il lui attribue, combien il croyoit que cette matiére pouvoit avoir de part dans les opérations les plus ſecrettes de la nature. M. Jurin, plus exactement Newtonien que la plûpart des partiſans de la vertu attractive, ne fait nulle difficulté, comme nous l'avons vû ci-deſſus, d'adopter cet air ſubtil, lorſqu'il trouve l'attraction en défaut ; & pour s'épargner la peine d'en prouver l'exiſtence, il s'appuie ſur les citations que je viens de rapporter.

* *Traité de l'Opt. liv. 3. queſt. 18. & ſuiv.*

Si ce milieu réſiſtant eſt reconnu

par ceux-mêmes à qui il convenoit le mieux de combattre le ſyſtême du plein, il ſeroit ſuperflu de s'arrêter à prouver combien il eſt digne d'être reçu partout Phyſicien qui n'admet que des cauſes méchaniques ; il ſuffira de dire que depuis Deſcartes, la régle la plus généralement obſervée, a été de chercher à expliquer par le choc ou l'impulſion des fluides inviſibles, tout ce qui ne peut l'être par l'action de l'air ſenſible, ou des autres corps dont nous pouvons voir les opérations.

VIII. LEÇON.

Ce qui révolte ordinairement ceux qui prennent un autre parti, c'eſt la fécondité des effets, le grand nombre de propriétés qu'on ſuppoſe dans le détail des phénoménes, à une matiére dont l'exiſtence ſent encore l'hypothèſe.

Il eſt vrai que quelques Philoſophes ont donné carriére à leur imagination, pour expliquer les diverſes fonctions de ces fluides ſubtils : mais quand Deſcartes ſe ſeroit trompé ſur le nombre, & qu'il y en auroit plus ou moins que de trois ſortes ; quand les mouvemens particu-

VIII. LEÇON.

liers de leurs parties seroient toute autre chose que les petits tourbillons imaginés par le P. Malbranche, & soutenus par M. l'Abbé de Molieres*; en un mot, quand on pourroit regarder comme des systêmes hazardés, tout ce qu'on a dit touchant la maniére d'être & d'agir de cette matiére qui peut être par-tout où les autres fluides plus grossiers n'ont plus d'accès, s'ensuivroit-il que son existence fût aussi douteuse ? On est parfaitement d'accord à présent qu'il y a une matiére qui nous éclaire, & qui nous fait voir les objets. Seroit-on en droit de la contester, parce qu'il y a différentes opinions sur la nature de ses parties, & sur la propagation de ses mouvemens ?

* *Leç. de Phys. expliq. au Collége Royal.*

Au reste retenons notre imagination, comme il convient, dans un Ouvrage où nous nous sommes proposés de n'instruire que par des faits ; en admettant l'air subtil avec presque tous les Physiciens, ne lui attribuons que ce que les phénoménes paroîtront indiquer d'une maniére distincte ; & ne supposons que ce que l'analogie la plus simple & la plus conséquente pourra nous permettre.

VIII. LEÇON.

L'air ſubtil ſe fait ſentir dans le vuide de Boyle ; il paſſe donc à travers les pores du verre ; on peut préſumer qu'il pénétre de même dans tous les corps ſolides.

Mais cette premiére propriété ne le rend-elle pas incapable des effets qu'on lui attribue ? Peut-il contenir un marbre contre un autre, s'il paſſe librement à travers les deux corps ? Peut-il ſoutenir de l'eau ou du mercure, s'il pénétre par le haut du vaſe ou du tuyau qui contient l'un ou l'autre de ces deux liquides ?

Cette objection eſt grande, ſans doute ; mais on y répond, & d'une maniére ſatisfaiſante, en diſant que l'air ſubtil appliqué à la ſurface d'un corps, n'eſt admis qu'en partie dans les vuides qu'il y trouve, & qu'il agit du reſte ſur les parties ſolides qui s'oppoſent à ſon paſſage, & qui deviennent autant de points d'appui. Tout ce qui peut en arriver, c'eſt que les corps les plus poreux, échappent davantage à ſon action, & qu'il en réſulte une moindre adhéſion, ce qui eſt aſſez conforme à l'expérience. Car des deux plaques de métal que

VIII. Leçon.

j'avois préparées pour être jointes ensemble, comme les deux marbres de l'expérience précédente, j'en ai percé une de plusieurs trous & à plusieurs fois, & j'ai remarqué que l'adhésion diminuoit, à mesure que j'interrompois davantage la continuité de la surface.

Si l'on demande maintenant comment l'air subtil soutient dans le vuide une liqueur au-dessus de son niveau, nonobstant la porosité du verre qui lui permet de passer par le *haut* du tube : je répondrai que l'action de ce fluide est parfaitement libre sur la surface du vase *A B*, mais qu'elle est interrompue en-haut, par les parties solides du verre, ce qui donne de l'avantage à la pression d'en-bas.

Il est vrai que les colonnes intermédiaires *e*, *f*, qui répondent à chacun des pores du verre, sont soumises à l'action du fluide, & qu'étant ainsi entre deux pressions à peu près égales, leur propre poids les sollicite à tomber. Mais elles sont retenues par le frottement & l'adhérence des colonnes qui les entourent & qui les pressent, comme elles le sont elles-

mêmes par l'air ſubtil ; car cet air, en vertu de ſa fluidité, péſe en toutes ſortes de directions, & le tuyau eſt poreux dans toute ſa longueur, comme il l'eſt en la partie convexe de ſon extrémité.

VIII. LEÇON.

APPLICATIONS.

Les explications que nous venons de donner de l'adhérence des deux marbres, & de la ſuſpenſion des liqueurs au-deſſus de leur niveau dans le vuide de Boyle, nous indiquent d'une maniére aſſez vraiſemblable les cauſes immédiates de la dureté & de la fluidité des corps. S'il y a un air ſubtil qui les pénétre, & qui porte ſon action au-dedans comme au-dehors ; ſi cette action a priſe ſur des parties ſolides auſſi minces, auſſi peu étendues que le ſont celles des liqueurs, n'a-t-on pas tout lieu de croire que ce même fluide retient l'une contre l'autre les piéces aſſemblées ſous le même volume, & que l'adhérence qui réſulte de ſa preſſion, devient plus ou moins forte, ſelon la figure des parties qui ſe touchent, la grandeur des ſurfaces, le plus ou le

moins d'exactitude du contact, &c.

VIII. LEÇON.

On doit concevoir que s'il y avoit une matiére dont les parties les plus ſimples fuſſent taillées de maniére à ſe joindre immédiatement, ſans laiſſer entre elles aucun intervalle, toute la preſſion de l'air ſubtil agiroit en dehors de cet aſſemblage ; il faudroit, pour le déſunir, employer une force ſupérieure au poids de ce fluide environnant ; & qui ſçait quelle devroit être cette force ?

Mais un tel aſſemblage eſt un être de raiſon : tous les corps ſont poreux, il n'y a que du plus ou du moins : les piéces qui les compoſent ne ſont jointes qu'en partie, & les vuides qui reſtent entre elles ſont remplis, ſans doute, de ces fluides dans leſquels les corps ont été formés : car pourquoi ſeroient-ils abſolument vuides ? Les concrétions qui ſe font dans l'eau, ne ſont-elles pas toujours humides intérieurement ? Et ne voyons-nous pas ſortir de toutes ſortes de matiéres une très-grande quantité d'air, lorſqu'on fait ceſſer les cauſes qui l'y retiennent ? Il y a donc de l'air ſubtil dans tous les corps, &

il y en a d'autant plus, que leur porosité est mieux proportionnée à la subtilité de ce fluide ; car il pourroit se faire qu'un corps plus compact contînt autant ou plus d'air subtil qu'un autre corps plus poreux, si celui-ci admettoit avec ce fluide, quelque chose de plus grossier, comme l'air ou l'humidité de l'atmosphère. VIII. LEÇON.

Plus il y a d'air subtil dans l'intérieur d'un corps, moins ce corps est dur ; parce qu'alors les parties solides qui le composent, se touchent par moins de surface, & que la pression du dehors est plus soutenue par celle que le fluide transmet au-dedans. Quand la cire, par exemple, s'amollit sensiblement, c'est que l'air subtil dont elle est pénétrée, dilaté par la chaleur, dilate de même les espaces qu'il occupe ; & comme ces espaces ne peuvent s'augmenter que par l'écartement des parties solides qui les entourent ; le contact de celles-ci devient plus rare, leur jonction moins exacte, leur cohérence moins forte.

La dilatation des pores non-seule-

VIII. LEÇON.

ment fait augmenter la preſſion que l'air ſubtil tranſmet au-dedans des corps, en lui fourniſſant une baſe plus large, mais elle fait naître des communications d'interſtices à interſtices : tel pore iſolé entre des parties ſolides, s'ouvre & laiſſe un accès libre au fluide qui les ſépare ; de là il arrive des diviſions & des ſubdiviſions, qui font paroître la maſſe totale, ſous différens dégrés de molleſſe, juſqu'à ce qu'enfin les parties diviſées, autant qu'elles peuvent l'être par l'état actuel du fluide, & ne ſe touchant preſque plus, ſont diſpoſées à ſe mouvoir indépendamment les unes des autres, ce que l'on appelle *être liquide.*

Mais comme tous les corps ne ſont point également poreux, que leurs parties n'ont point la même figure, & qu'elles ſe touchent & s'arrangent d'une infinité de maniéres différentes, auſſi le dégré de dureté n'eſt pas le même dans tous, & ne ſe perd pas avec la même facilité. La chaleur qui regne ordinairement dans nos climats, ſuffit pour faire couler l'eau ; il en faut davantage pour rendre la

cire liquide, & beaucoup plus encore pour mettre les métaux en fusion.

VIII. Leçon.

Quand les corps sont parvenus à l'état de liquidité, les parties intégrantes conservent leur dureté naturelle, parce qu'elles sont comprimées de toutes parts, & qu'elles n'ont rien au-dedans d'elles-mêmes qui s'oppose à cette pression du fluide environnant.

Je ne prétends point pour cela qu'elles soient indivisibles, ni même inflexibles absolument. Les élémens qui les composent, comme les deux marbres polis, peuvent peut-être glisser parallélement à leurs plans, changer de figure, & même se séparer.

Mais ce que je dis ici pour les parties, ne devient-il pas une objection contre la dureté totale du volume; si plusieurs lames glissent aisément, & se séparent de même, quand on les tire parallélement à leurs plans, ne semble-t-il pas que la pression de l'air subtil ne devroit rendre les corps durs que dans un sens, & relativement à une force employée seulement dans une direction perpendiculaire au plan du contact?

Cette objection auroit toute sa for-

VIII. LEÇON.

ce, s'il s'agiſſoit d'un corps qui n'eût que deux ou trois parties ſolides, couchées parallélement les unes ſur les autres ; mais cette ſuppoſition n'a pas lieu, même dans les plus petits volumes de matiére. Combien de piéces au contraire n'attribue-t-on pas à ces petites portions de matiére, que l'art, & la nature même ne diviſe plus? & que de poſitions différentes ne peut-on pas croire qu'elles affectent? Prenons pour exemple cet aſſemblage groſſier qui eſt repréſenté par la *Fig.* 22. *Il eſt vrai* que la piéce *a* gliſſeroit avec facilité dans la direction *ad*, ſi elle ne tenoit qu'aux deux autres piéces *b*, *c* ; mais ce mouvement eſt perpendiculaire aux ſurfaces d'*f* & d'*e*, & pour l'en ſéparer, il faut vaincre la preſſion qui la retient. La piéce *g* pourroit de même ſe mouvoir facilement vers *a*, ſi ſon adhérence en *h* ne s'y oppoſoit. On peut juger par-là de ce qui arrive dans la compoſition naturelle des corps, où le grand nombre des parties, & les différens ordres qu'elles prennent, font naître la dureté en toutes ſortes de directions.

De cette réponſe même il naît une

autre difficulté qu'il faut prévenir. Si les corps, dira-t-on, ne ſont durs de tous côtés, que parce qu'ils ſont compoſés d'un grand nombre de parties différemment arrangées, il devroit s'enſuivre que la dureté en tous ſens diminue, à meſure qu'on diviſe les corps, & que les plus petites maſſes ſont plus faciles à diviſer que les plus grandes; ce qui eſt bien contraire aux idées que l'on a de la diviſibilité des corps, qui paroît être d'autant plus difficile, qu'elle eſt portée plus loin.

VIII. LEÇON

1°. Il ne s'agit point ici du plus grand nombre, il ne faut qu'un nombre ſuffiſant de parties, & arrangées de façon qu'il y ait toujours quelqu'une de leurs ſurfaces appliquées perpendiculairement à la direction d'une force extérieure, employée pour les déſunir; & l'on ne peut citer aucune diviſion pratiquée, ou praticable, qui nous interdiſe cette ſuppoſition; l'idée que l'on a, & que l'on doit avoir en Phyſique, du nombre prodigieux de parties contenues ſous le plus petit volume de matiére, qui puiſſe être ſoumis à nos épreuves, doit nous mettre à couvert de tout reproche à cet égard.

traires ? Ainſi la dureté des corps, que nous regardons comme actuellement indiviſibles, pourroit bien n'être qu'égale, & peut-être inférieure à celle d'une plus grande maſſe de la même matiére, quoiqu'à notre égard elle ſoit exceſſive, parce que nous ne connoiſſons aucun agent qui puiſſe les entamer.

VIII. LEÇON.

Les deux états oppoſés, je veux dire, la ſolidité & la fluidité, dépendent donc de la même cauſe ; c'eſt l'air ſubtil qui fixe les parties d'une matiére, lorſque ſa preſſion extérieure excéde la réaction qu'il fait en-dedans ; & c'eſt ce même fluide qui rend & entretient les parties mobiles, en s'introduiſant entre elles en ſuffiſante quantité. C'eſt pour cela ſans doute que toutes les matiéres, qui paſſent d'un état à l'autre, changent de grandeur ; car puiſqu'un corps ſolide devient fluide, par l'introduction d'une matiére étrangère qui le pénétre en plus grande quantité, & qu'il ne revient à ſa premiére conſiſtance, que quand cette matiére ceſſe de le dilater ; il eſt bien naturel qu'il occupe plus de place étant liquide, que lorſ-

VIII. LEÇON.

qu'il eſt ſolide. C'eſt auſſi ce qui arrive ordinairement, & j'en ferai connoître des exemples très-curieux en traitant du feu. C'eſt-là la régle générale ; elle a pourtant quelques exceptions remarquables, dont je parlerai ailleurs.

Des matiéres qui tiennent leur liquidité de l'air ſubtil, la communiquent par elles-mêmes à des corps ſolides. L'eau, par exemple, amollit la terre, & la convertit en boue : elle déſunit les parties du ſel, du ſucre, &c. L'eſprit-de-vin & les *huiles* diſſolvent les gommes & les bitumes; le mercure s'amalgame avec le plomb, l'étain, l'or & l'argent ; mais comme la fluidité n'eſt qu'une maniére d'être, auſſi-tôt que la cauſe ceſſe, que le diſſolvant s'évapore, ce qu'il avoit rendu fluide revient ordinairement à ſa premiére conſiſtance.

Tous ces effets ſont autant de moyens que les arts ont ſçu tourner à leur profit ; je n'en veux citer que deux exemples.

La dorure qu'on nomme *d'or moulu*, eſt certainement la plus belle & la plus durable de toutes celles qui ſont

ſont en uſage. C'eſt de l'or extrêmement diviſé, dont les parties ſont comme enchaſſées dans les pores mêmes du métal, ſur lequel on l'a appliqué ; & voici comment cela s'exécute. On met une certaine quantité d'or fin dans du mercure ; ces deux métaux s'uniſſent de maniére que l'un communiquant une partie de ſa fluidité à l'autre, ce mêlange devient comme une pâte qu'on nomme *amalgame*: on applique & l'on étend cette préparation ſur la piéce qu'on veut dorer, & enſuite par l'action du feu on fait évaporer le mercure, l'or qui eſt fixe demeure ; & les pores du métal doré, qui ſe ſont dilatés par la chaleur, & qui ſe reſſerrent en ſe refroidiſſant, retiennent, comme autant de petits chatons, les parcelles d'or qui s'y ſont placées.

La gomme lacque, le ſandarac, le maſtic en larmes, &c. ſe diſſolvent, & s'étendent dans l'eſprit-de-vin ; le karabé ou ſuccin, & la gomme copal s'amolliſſent & ſe fondent dans l'huile de lin, & s'étendent enſuite dans l'huile graſſe & l'eſprit de térébenthine. Toutes ces diſſolutions qu'on

VIII. LEÇON.

nomme *vernis*, s'appliquent sur le bois, ou ailleurs ; & lorsque le dissolvant est évaporé, les gommes qu'il avoit rendues liquides, reprennent leur dureté & leur brillant.

On voit donc par ces exemples, que la liquidité ne change rien par elle-même à la nature des corps. Si leur cohérence est telle, qu'elle ne puisse céder qu'à une action violente de la part du dissolvant, il peut se faire qu'il leur enléve quelque partie de leur substance ; mais c'est un accident, & non pas une suite nécessaire de la liquidité en général.

Il y a des cas où l'on voit cesser ou diminuer la liquidité, sans que la cause qui l'avoit fait naître, paroisse cesser d'agir. Deux liqueurs mêlées ensemble, prennent tout d'un coup une consistance plus ou moins grande, quoiqu'on n'y remarque aucun dégré de refroidissement sensible ; cet effet, qu'on appelle communément *coagulum*, peut s'expliquer, en supposant que les parties sont de telles figures, qu'elles s'embarrassent réciproquement, & qu'elles font cesser entr'elles cette mobilité en quoi con-

siſte principalement l'état de liqueur. Le plus beau *coagulum* que je connoiſſe, c'eſt celui qui ſe fait avec l'huile de chaux & l'huile de tartre par défaillance ; quand on remue un peu ce mêlange avec une petite eſpatule, il ſe convertit en une maſſe blanche, à qui l'on fait prendre la forme que l'on veut, & qui ſe durcit comme de la cire. On coagule auſſi un eſprit volatil urineux fort ſubtil, avec de l'eſprit-de-vin bien rectifié ; le blanc d'œuf, avec l'eſprit de ſel ; le ſang, avec de l'eau-de-vie. Cette derniére expérience apprend de quelle importance il eſt d'uſer ſobrement des liqueurs ſpiritueuſes, puiſqu'elles ſont capables d'altérer la fluidité du ſang. VIII. LEÇON.

Quelque vraiſemblable que puiſſe paroître l'explication de la dureté & de la fluidité des corps, établie ſur l'action d'un fluide preſque généralement reconnu, quoique ſous différens noms ; je ne dois pas diſſimuler cependant que pluſieurs Phyſiciens refuſent de l'admettre, & lui en ſubſtituent un autre : « L'attraction » réciproque des particules de ma» tiére, diſent-ils, eſt très-grande,

» lorſqu'elles ſe touchent ; mais hors
VIII. » du point de contact, elle décroît
LEÇON. » tellement, qu'à la plus petite diſtan-
» ce ſenſible, elle ſe convertit en for-
* s'Graveſ. Phyſ. Elem. Mathem. p. 18. Edit de 1742. » ce répulſive. * Les corps ſont ſoli-
» des tant que la vertu attractive
» de leurs parties eſt plus forte que
» la vertu répulſive que la chaleur
» leur donne ordinairement : mais ils
» s'amolliſſent à meſure que la vertu
» répulſive devient plus forte, de for-
» te que quand cette force l'emporte
» ſur l'attraction, non-ſeulement la
» maſſe devient liqueur, mais elle ſe
» convertit ſouvent en un fluide qui
» s'évapore *. »

* Ibid. p. 662. M. s'Graveſande, & ceux qui, comme lui, ſuivent exactement l'eſprit de M. Newton, ne donnent ces loix que comme des phénoménes : *Hoc nomine phenomenon, non cauſam deſigna-*
* Ibid. p. 18. *mus* *. Ils ne font nulle difficulté d'avouer que ces ſortes d'effets peuvent venir de quelque impulſion : *Et ſi*
* Ibid. *fortè hoc per impulſum fiat* *. Et nous ne devons pas douter qu'ils ne reçoivent la preſſion de l'air ſubtil & ſes effets, au moins comme une hypothèſe très-probable. Les préten-

tions des Cartéſiens ne vont guère au-delà; ainſi l'on peut dire qu'ils ſont à peu-près d'accord avec ces premiers défenſeurs des attractions. VIII. LEÇON.

Quant à ceux qui regardent les vertus attractives & répulſives comme des principes qui n'ont point de cauſe phyſique, ils ne prétendent point, ſans doute, que ce ſoit une choſe démontrée; ce n'eſt qu'une ſuppoſition qu'ils établiſſent ſur des vraiſemblances & des probabilités. S'il étoit vrai que l'on n'eût pas des raiſons plus fortes pour admettre l'air ſubtil, j'aurois encore à dire, hypothèſe pour hypothèſe, je crois qu'il eſt plus sûr de raiſonner ſur des principes méchaniques & bien intelligibles, que de s'appuyer ſur des nouveautés qui ne ſe préſentent pas ſous des idées familiéres à l'eſprit.

Au reſte, le principe des attractions, dans le détail des phénomenes, a-t-il donc des applications auſſi heureuſes qu'on pourroit ſe l'imaginer? Il a beaucoup perdu de ſa ſimplicité, en paſſant des mains de M. Newton dans celles de ſes diſciples. Dans les mou-

VIII. Leçon.

vemens céleſtes cette force agiſſant en raiſon directe des maſſes, & en raiſon inverſe du quarré de la diſtance, ſuffit preſque à tout, & fournit des raiſons pour expliquer ces grandes révolutions qui animent l'univers: rien n'eſt ſi beau. Mais quand il s'agit des phénoménes ſublunaires, de ces effets que nous voyons de plus près, & dont l'examen nous eſt plus facile, la vertu attractive eſt un Protée qui change ſouvent de forme. Les rochers & les montagnes ne donnent aucun ſigne ſenſible d'attraction (a). « C'eſt, dit-on, que ces petites attractions particuliéres ſont comme abſorbées par celle du globe terreſtre qui eſt infiniment plus grande. » Cependant on nous donne, comme un effet de la vertu attractive, la mouſſe qui flotte ſur une taſſe de caffé, & qui ſe porte avec une précipitation très-ſenſible vers les bords du vaſe » Plus les parties d'un corps ſe touchent, plus elles s'attirent. » Pour-

(a) Depuis que ceci eſt écrit, M. Bouguer a cru reconnoître quelque ſigne d'attraction dans les montagnes. Voyez ſon livre *de la figure de la terre*, p. 364. *& ſuiv.*

quoi donc, lorſqu'on les approche davantage, en les comprimant, tendent-elles pour la plûpart à ſe remettre comme elles étoient avant la compreſſion ? (j'entends une compreſſion égale de toute part, qui ne change que la grandeur, & non la figure). « C'eſt qu'après s'être attirées, autant qu'elles le peuvent, » elles ſe repouſſent mutuellement. » Pourquoi les vapeurs dilatées ont-elles tant de force ? « C'eſt que les » parties qui s'attiroient, ſous l'état » de liqueur, ſe repouſſent avec violence ſous celui de vapeurs. » Puiſque la vertu attractive eſt une force répartie à tout ce qui eſt matiére, pourquoi certains corps, comme l'eau & l'huile, ne peuvent-ils point s'unir enſemble ? « C'eſt qu'il y a des » matiéres qui ſe repouſſent naturel- » lement, &c. «

VIII. LEÇON.

Ce langage eſt-il bien celui d'une bonne Phyſique ? & ne devons-nous pas craindre, qu'en nous y accoutumant, & qu'en mettant ainſi les attractions & répulſions à toutes ſortes d'uſage, on ne ſe diſpenſe trop légé-

VIII. LEÇON.

rement des recherches si nécessaires aux progrès de nos connoissances, & qu'on ne s'interdise de cette manière plusieurs découvertes qui en seroient le fruit ?

Fin du second Tome.

TABLE

TABLE DES MATIERES

Contenues dans le ſecond Volume.

V. LEÇON.

Sur le Mouvement compoſé, & ſur les Forces centrales.

PREMIERE SECTION. Du mouvement compoſé. *Page.* 1.

Loi du Mouvement compoſé. 2.

I. EXPERIENCE qui fait voir qu'un Corps qui éprouve en même tems l'action de deux puiſſances oppoſées directement, obéit à la plus forte des deux, ſuivant l'excès de ſa force. 10.

II. EXP. qui prouve qu'un Mobile, qui obéit à deux forces qui ne ſont pas directement oppoſées, prend une direction moyenne entre l'une & l'autre. 13.

III. EXP. qui prouve que le même effet a lieu quand les deux forces n'ont point une action continue. 19.

IV. EXP. pour prouver que le Mouvement compoſé ſe fait dans une ligne courbe, quand les puiſſances compoſantes chan-

gent continuellement de rapport entre elles. 26.
V. Exp. pour confirmer la Propoſition précédente. 31.
SEC. SECT. Des forces centrales. 37.
I. Exp. pour prouver que le Mouvement circulaire fait naître la Force centrifuge, & que cette Force augmente à proportion de la vîteſſe. 43.
II. Exp. qui fait voir que la Force centrifuge a lieu dans les Fluides qui ſe meuvent circulairement. 46.
III. Exp. par laquelle on voit que la Force centrifuge des Fluides augmente à proportion de leur denſité. 57.
IV. Exp. imaginée par Deſcartes, pour appuyer ſon hypothèſe ſur la cauſe *phyſique* de la peſanteur. 63.
V. Exp. qui prouve que la Force centrifuge eſt comme la maſſe multipliée par la vîteſſe du mobile qui circule. 80.
VI. Exp. dans laquelle on voit un Mobile décrire une ligne ſpirale, par les changemens de rapports des Forces centrales. 92.
VII. Exp. dans laquelle on voit un Mobile décrire une Ellipſe par les differens rapports que prennent entre elles les Forces centripéte & centrifuge, pendant ſa révolution. 95.

VI. LEÇON.

Sur la gravité ou peſanteur des Corps. 99.

PREMIERE SECT. Des Phédoménes où la peſanteur agit ſeule ſur le mobile. 103.
I. Exp. par laquelle on voit qu'il n'y a point

de Corps abſolument léger. 106.
II. Exp. pour prouver que la peſanteur eſt égale dans tous les Corps. 128.
III. Exp. Effet ſingulier de l'Eau dans le vuide. 137.
IV. Exp. qui prouve que les Corps tombent par un mouvement accéléré. 158.
V. Exp. qui prouve que l'accélération des Corps graves, leur donne une viteſſe proportionnelle à la hauteur de leur chûte. 159.
VI. Exp. pour prouver que l'accélération de la chûte des Corps graves, ſe fait ſuivant les nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. 162.
SECONDE SECT. Des Phénoménes où le Mouvement eſt compoſé de la peſanteur, & de quelque autre puiſſance. 174.
Art. I. de la chûte des Corps par des plans inclinés. 178.
I. Exp. par laquelle on prouve que le tems de la chûte par le plan incliné, eſt à celui de la chûte libre & verticale, comme la longueur du plan eſt à ſa hauteur. 183.
II. Exp. par laquelle on voit qu'un Mobile qui tombe par la corde quelconque d'un cercle, met autant de tems que pour deſcendre par le diamétre vertical du même cercle. 185.
III. Exp. qui fait voir qu'un Corps grave en tombant, acquiert toute la viteſſe qu'il lui faut pour remonter auſſi haut que l'endroit d'où il eſt parti. 194.
IV. Exp. pour faire connoître qu'il y a un rapport conſtant entre le tems & la vibration d'un Pendule, & le tems de la chûte verticale par la longueur de ce même pendule. 203.
Art. II. Du mouvement des Corps cauſé par la peſanteur & par une force active & uniforme. 217.

V. Exp. pour faire voir que la Force projectile agiſſant, avec la peſanteur ſur un même Mobile, lui fait décrire une courbe parabolique. 222.

VII. LEÇON.

Sur l'Hydroſtatique. 227.

PREMIERE SECT. De la peſanteur & de l'équilibre des liqueurs dont les parties ſont homogènes. 231.

I. Propos. Les Liqueurs péſent non-ſeulement quant à leur maſſe totale, mais encore en elles-mêmes, c'eſt-à-dire, quant aux parties qui les compoſent. *ibid.*

I. Exp. qui prouve la Propoſition précédente. 233.

II. Propos. Les parties d'une même Liqueur exercent leur peſanteur indépendamment les unes des autres. 237.

II. Exp. qui ſert de preuve à cette Propoſition. 238.

III. Propos. Les Liqueurs exercent leur peſanteur en toutes ſortes de ſens. 246.

III. Exp. qui le prouve. 248.

IV. Exp. qui confirme la même Propoſition. 251.

IV. Propos. Les parties d'une même Liqueur ſont en équilibre entre elles, ſoit dans un ſeul vaiſſeau, ſoit dans pluſieurs qui communiquent enſemble. 256.

V. Exp. du Syphon renverſé. 258.

VI. Exp. Des vaiſſeaux communiquans. 259.

V. Propos. Les Liqueurs excercent leur peſanteur, tant perpendiculaire que latérale,

non en raiſon de leur quantité, mais en raiſon de la hauteur au-deſſus du plan horizontal, & de la largeur de la baſe qui s'oppoſe à leur chûte. 266.
VII. Exp. qui prouve cette propoſition dans toutes ſes parties. 267.
SECONDE SECT. De la peſanteur & de l'équilibre de pluſieurs Liqueurs, dont les denſités ſont différentes. 282.
I. Propos. La différence du poids ou de la denſité, ſuffit pour ſéparer les parties de deux Liqueurs qu'on a mêlées enſemble, ſi d'autres cauſes plus fortes n'empêchent cet effet. 284.
I. Exp. Du paſſe-vin. *ibid.*
II. Exp. Du tube rempli de différentes Liqueurs, qui reprennent leurs places quand on les a mêlées. 286.
II. Propos. Pluſieurs Liqueurs ou pluſieurs Fluides, quoique de natures différentes, péſent les uns ſur les autres, en raiſon de leur denſité & de leur hauteur. 292.
III. Propos. Deux Liqueurs de denſités différentes, ſont en équilibre, lorſqu'ayant la même baſe, leurs hauteurs perpendiculaires à l'horizon, ſont en raiſon réciproque de leurs denſités, ou peſanteurs ſpécifiques. *ibid.*
III. Exp. du Syphon renverſé, dans lequel on compare une colonne de mercure avec une colonne d'eau. 293.
IV. Propos. L'air eſt un fluide peſant qui exerce ſa preſſion dans tous les ſens, à la maniere des Liqueurs. 298.
IV. Exp. avec le tube de *Toricelli*. 299.
V. Exp. avec le tube de *Paſcal*. Hiſtoire du Barométre, & ſon uſage. 305 *& ſuiv.*

VI. Exp. qui prouve que le poids de l'Air eſt la cauſe de l'aſcenſion des liqueurs dans les tuyaux où l'on fait le vuide. 313.
VII. Exp. qui fait voir que le poids de l'Air fait monter les Liqueurs d'autant moins haut qu'elles ſont plus denſes. 316.
VIII. Exp. qui prouve que les pompes aſpirantes n'agiſſent qu'en vertu du poids de l'atmoſphére. 321.
IX. Exp. qui prouve la preſſion latérale de l'Air. 324.
X. Exp. par laquelle on fait voir que l'Air exerce ſa preſſion de bas en haut. 327.
XI. Exp. dans laquelle on fait voir & l'on explique l'effet des Syphons. 330.
XII. Exp. qui confirme l'explication des Syphons, & qui fait voir un jet d'eau au-deſſus de ſa ſource. 332.

VIII. LEÇON.

Suite de l'Hydroſtatique. 339.

TROISIEME SECT. De la peſanteur & de l'équilibre des Solides plongés dans les Liqueurs. *ibid.*
I. Propos. Un Corps ſolide entiérement plongé, eſt comprimé de tous côtés par la Liqueur qui l'entoure, & la preſſion qu'il éprouve eſt d'autant plus grande, que la Liqueur a plus de denſité, & qu'il eſt plus profondément plongé. 341.
I. Exp. qui prouve cette propoſition dans toutes ſes parties. 342.
II. Propos. Si le Corps plongé eſt plus peſant que le volume de Liqueur qu'il a déplacé,

ſa peſanteur reſpective le fait tomber au fond du vaſe, s'il eſt libre de lui obéir. 350.
II. Exp. qui ſert de preuve à cette propoſition. 351.
Conſéquence de cette propoſition. 355.
III. Exp. de la balance dans le vuide. 356.
III. Propos. Ce qu'un ſolide plongé perd de ſon poids, eſt égal à celui du volume de Liqueur déplacé. 358.
IV. Exp. qui prouve cette propoſition. 359.
Premiere Conſéquence de cette propoſition. 360.
V. Exp. qui confirme cette premiere conſéquence. 361.
Seconde Conſéquence. 363.
VI. Exp. qui la confirme. *ibid.*
Troiſiéme Conſéquence. 365.
VII. Exp. qui la confirme. *ibid.*
VIII. Exp. qui prouve encore la même choſe. 367.
IV. Propos. Si le Corps ſolide eſt moins peſant qu'un pareil volume de la Liqueur dans laquelle il eſt plongé, il ſurnage en partie, ce qui reſte plongé meſure une quantité de Liqueur qui péſe autant que le corps entier. 378.
IX. Exp. qui prouve cette propoſition. 379.
Conſéquence de cette propoſition. 380.
X. Exp. Effets & explications de l'Aréometre 381.
De la Balance hydroſtatique, & de ſes uſages. 385.
Premier uſage. Connoître la peſanteur ſpécifique d'une liqueur. 386.
Second uſage. Comparer les peſanteurs ſpécifiques de deux liqueurs. 389.
Troiſiéme uſage. Comparer les gravités ſpéci-

fiques de deux Corps ſolides. 390.
Quatriéme uſage. Comparer la gravité ſpécifique d'un Corps ſolide avec celle d'une Liqueur. 391.
Remarques ſur l'Aréométre, ou Péſe-Liqueurs. 392.
Table alphabétique des Matiéres les plus connues, tant ſolides que fluides, dont on a éprouvé la peſanteur ſpécifique. 397.
Appendice touchant les Tuyaux Capillaires, & les cauſes immédiates de la fluidité & de la ſolidité des Corps. 401.
I. Exp. dans laquelle on voit la premiére propriété des Tubes capillaires. 403.
II. Exp. qui fait connoître la ſeconde propriété des Tubes capillaires. 404.
III. Exp. où l'on voit la troiſiéme propriété des Tubes capillaires. 405.
IV. Exp. qui fait connoître la quatriéme propriété des Tuyaux capillaires. 406.
Différentes explications de ces effets. 407. *& ſuiv.*
Art. II. Sur les cauſes de la fluidité & de la dureté des Corps. 446.
Propos. Pluſieurs Corps peuvent s'attacher enſemble par la preſſion d'un fluide qui les couvre, ou qui les environne de toutes parts. 451.
I. Exp. qui ſert de preuve à cette propoſition. *ibid.*
II. Exp. qui prouve encore cette même propoſition, & qui donne lieu d'en rapporter pluſieurs autres, ſur leſquelles on établit l'explication de la fluidité & de la dureté des Corps. 453.

Fin de la Table des Matieres.

Extrait des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 28 Juin 1743.

MEſſieurs DE REAUMUR & DE FOUCHY ayant examiné, par ordre de l'Académie les huit premieres Leçons de Phyſique expérimentale de M. l'Abbé Nollet, & en ayant fait leur rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreſſion. En foi de quoi j'ai ſigné le préſent Certificat. A Paris, le 22 Juillet 1743.

DORTOUS DE MAIRAN, Séc. perp. de l'Acad. Royale des Sciences.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre; à nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conſeil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, SALUT. Nos bien amés LES MEMBRES DE L'ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES de notre bonne Ville de Paris, nous ont fait expoſer qu'ils auroient beſoin de nos Lettres de Privilége pour l'impreſſion de leurs Ouvrages: A CES CAUSES, voulant favorablement traiter les Expoſans, Nous leur avons permis & permettons par ces Préſentes de faire imprimer par tel Imprimeur qu'ils voudront choiſir, toutes les Recherches ou Obſervations journalieres, ou Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Aſſemblées de ladite Académie Royale des Sciences, les Ouvrages, Mémoires ou Traités de chacun des Particuliers qui la compoſent, & généralement tout ce que ladite Académie voudra faire paroître, après avoir fait examiner leſdits Ouvrages, & jugé qu'ils ſont dignes de l'impreſſion, en tels volumes, forme, marge, caracteres, conjointement ou ſéparément, & autant de fois que bon leur ſemblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pen-

dant le tems de vingt années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes ; ſans toutefois qu'à l'occaſion des Ouvrages ci-deſſus ſpécifiés il en puiſſe être imprimé d'autres qui ne ſoient pas de ladite Académie : Faiſons défenſes à toutes ſortes de perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance ; comme auſſi à tous Libraires & Imprimeurs d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, & débiter leſdits Ouvrages, en tout ou en partie, & d'en faire aucunes traductions ou extraits, ſous quelque prétexte que ce puiſſe être, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit deſdits Expoſans, ou de ceux qui auront droit d'eux, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans ; dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers auxdits Expoſans, ou à celui qui aura droit d'eux, & de tous dépens, dommages & intérêts ; à la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impreſſion *deſdits Ouvrages* ſera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, conformément aux Réglemens de la Librairie ; qu'avant de les expoſer en vente, les Manuſcrits ou Imprimés qui auront ſervi de copie à l'impreſſion deſdits Ouvrages ſeront remis ès mains de notre très-cher & féal Chevalier le ſieur DAGUESSEAU, Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres ; & qu'il en ſera enſuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothéque publique, un en celle de notre Château du Louvre, & un en celle de notredit très-cher & féal Chevalier le ſieur DAGUESSEAU, Chancelier de France, le tout à peine de nullité deſdites Préſentes : du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir leſdits Expoſans & leurs ayans cauſe pleinement & paiſiblement ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Préſentes, qui ſera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin deſdits Ouvrages, ſoit tenue pour duement ſignifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés, féaux Conſeillers & Secrétaires, foi ſoit ajoutée comme à l'Original. Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent ſur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis &

ſaires, ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant Clameur de Haro, Charte Normande, & Lettres à ce contraires : CAR tel eſt notre plaiſir. DONNÉ à Paris le dix-neuvieme jour du mois de Février, l'an de grace mil ſept cent cinquante, & de notre Regne le trente-cinquiéme. Par le Roi en ſon Conſeil.

Signé, MOL.

Regiſtré ſur le Regiſtre XII. de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N. 430. *Fol.* 309. *conformément au Réglement de* 1723. *qui fait défenſes, article* 4. *à toutes perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter & faire afficher aucuns Livres pour les vendre, ſoit qu'ils s'en diſent les Auteurs ou autrement ; à la charge de fournir à la ſuſdite Chambre huit Exemplaires de chacun, preſcrits par l'art* 108. *du même Réglement. A Paris, le* 5 *Juin* 1750.

Signé, LE GRAS, Syndic.